

**EVALUACIÓN TECNICOFINANCIERA PARA LA PRODUCCIÓN DEL
ACEITE DE AÇAÍ PARTIENDO DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE
DESPULPADO PARA GREEN AND INCLUSIVE GROUP SAS**

SANTIAGO FALLA CORTES

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2020**

**EVALUACIÓN TECNICOFINANCIERA PARA LA PRODUCCIÓN DEL
ACEITE DE AÇAÍ PARTIENDO DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE
DESPULPADO PARA GREEN AND INCLUSIVE GROUP SAS**

SANTIAGO FALLA CORTES

**Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO QUÍMICO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2020**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C, Julio de 2020

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCIA PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectoría Académica y de Investigación

Dra. MARIA CLAUDIA APONTE GONZALES

Vicerrector Administrativo y Financiero

RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretaria General

Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN

Decano de Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa de Ingeniería Química

Ing. IVAN RAMIREZ MARIN

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

El presente proyecto de grado lo dedico con el más sincero y profundo amor principalmente a mis padres María Eugenia Cortes y Juan Falla Laiseca, quien son los artífices de este logro alcanzado, quien con su incondicional amor, paciencia y sabiduría lograron hacer de mí una persona útil para la sociedad.

Por otro lado, deseo manifestar mi más profundo respeto y admiración a mi hermana María Alejandra Falla, quien con su profunda consciencia y su forma de analizar, percibir y experimentar el mundo me demostró que los sueños si se cumplen, que a pesar de las dificultades todo el esfuerzo realizado vale la recompensa, por ser un ejemplo de dedicación y trabajo duro, a ella también le dedico este proyecto de grado.

A todas aquellas personas que hicieron parte de mi formación, a mis amigos, compañeros, docentes, quienes de una forma u otra me brindaron su conocimiento para enriquecerme como profesional.

A todos ellos, muchas gracias.

“Nadie te ayuda a alcanzar la victoria, sin embargo, todos están allí cuando lo logras.” Marcelo Bielsa.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo agradecerle a la compañía Green And Inclusive Group S.A.S, quienes desde un inicio se vincularon y brindaron todo su conocimiento y apoyo para llevar a cabo este proyecto de grado, a sus gerentes María Alejandra Falla y Carlos Cárdenas por permitirme conocer a través de su compañía la gran biodiversidad de nuestro país y las grandes acciones que la empresa realiza por comunidades que han sido violentadas por la guerra y el narcotráfico.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	19
INTRODUCCION	20
OBJETIVOS	21
1. GENERALIDADES	22
1.1 EI AÇAÍ	22
1.1.1 Características físicas	22
1.1.2 Composición del açaí	25
1.1.3 Características químicas de la semilla del açaí	30
1.1.3.1 Composición de ácidos grasos de las semillas de açaí	30
1.1.3.2 Parámetros para la extracción de oleorresinas de la semilla de açaí	32
1.2 ACEITES VEGETALES	33
1.2.1 Clasificación de los aceites	33
1.2.1.1 Según su consistencia	33
1.2.2 Características físicas y químicas de los aceites	34
1.3 TÉCNICAS PARA LA OBTENCIÓN DE OLEORRESINAS	34
1.3.1 Métodos directos	34
1.3.2 Destilación	34
1.3.2.1. Arrastre de vapor	35
1.3.2.2 Hidrodestilación	35
1.3.2.3 Destilación al vacío	35
1.3.3 Extracción con solventes	35
1.3.3.1 Extracción con fluidos supercríticos	35
1.3.4 Prensado	36
1.4 PROPIEDADES DE CARACTERIZACION DE UN ACEITE	36
1.4.1 Proceso de Calidad	36
1.4.1.1 Análisis organoléptico	37
1.4.1.2 Análisis fisicoquímico	38
1.5 SITUACION ACTUAL DE LA COMPAÑÍA	38
1.6 MARCO LEGAL	43
2. MATERIALES Y METODOS	44
2.1 MATERIALES	44
2.1.1 Semilla de açaí	44
2.1.1 Caracterización física de la semilla de açaí	45
2.1.2 Solventes	46
2.2 EQUIPOS	47

2.2.1 Hidrodestilación asistida por microondas	47
2.2.2 Extracción por solventes volátiles (Soxhlet)	47
2.2.3 Arrastre de Vapor	48
2.2.4 Equipos	49
2.3 METODOS	50
2.3.1 Acondicionamiento	51
2.3.2 Extracción	52
2.3.2.2 Separación del extracto	55
2.3.2.3 Rendimiento	55
2.3.2.4 Caracterización del extracto	56
2.4 PROCESO DE EXPERIMENTACION	56
2.4.1 Objetivo experimental	56
2.4.2 Variable respuesta	56
2.4.3 Variables y niveles	56
3. DESARROLLO EXPERIMENTAL	58
3.1 ACONDICIONAMIENTO	58
3.1.1 Recolección de la materia prima	58
3.1.2 Proceso de limpieza del material recibido	58
3.1.3 Molienda	59
3.1.4 Secado	59
3.2 COMPOSICIÓN EXPERIMENTAL DE LA SEMILLA DE AÇAÍ	59
3.3 EXTRACCIONES	63
3.3.1 Arrastre de Vapor	63
3.3.2 Hidrodestilación asistida por microondas	64
3.3.3 Extracción con solventes (Soxhlet)	65
3.4 ANALISIS DE LA EXPERIMENTACION	66
3.5 CARACTERIZACION DEL PRODUCTO FINAL	67
3.5.1 Análisis sensorial	68
3.5.2 Características generales del extracto obtenido	68
4. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL PROCESO SELECCIONADO	73
4.1 DESCRIPCION DEL PROCESO	73
4.1.1 Acondicionamiento de la materia prima	75
4.1.2 Proceso de extracción	75
4.1.3 Proceso de separación	75
4.1.4 Recirculación del solvente	75
4.2 BALANCES DE MASA DEL PROCESO	75
4.2.1 Lavado	75
4.2.2 Secado	76
4.2.3 Molienda	77
4.2.4 Extracción	78
4.2.5 Recuperación del solvente	78
4.2.6 Mezclador	79

4.3 EQUIPOS	80
4.3.1 Selección de los equipos	80
4.3.1 LAVADO	86
4.3.2 SECADO	86
4.3.3 MOLIENDA	87
4.3.4 EXTRACCION	87
4.3.5 SEPARACION	88
5. ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCION	90
5.1 COSTOS DE LOS EQUIPOS	90
5.2 CONSUMO ENERGETICO	90
5.3 GASTOS ADICIONALES	93
5.4 COSTOS DE UN MES DE OPERACIÓN	94
5.5 VIABILIDAD FINANCIERA DEL PROYECTO	95
6. CONCLUSIONES	98
7. RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFIA	100
ANEXOS	102

LISTA DE TRABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica de la palma de açai	23
Tabla 2. Composición de aminoácidos en el açai	26
Tabla 3. Concentración de esteroides en el açai	27
Tabla 4. Comparación de concentraciones de B-sitosterol	27
Tabla 5. Concentración de proantocianidinas en el açai	29
Tabla 6. Contenido de antocianinas en el açai	29
Tabla 7. Composición de ácidos grasos de la semilla de açai	30
Tabla 8. Parámetros a analizar para el control de calidad	37
Tabla 9. Nomenclatura de las pruebas	53
Tabla 10. Condiciones de operación para la extracción por hidrodestilación asistida por microondas	54
Tabla 11. Condiciones de operación para la extracción por solventes volátiles	54
Tabla 12. Condiciones de operación para la extracción por arrastre de vapor	55
Tabla 13. Humedad de la semilla de açai con respecto al tiempo de secado	60
Tabla 14. Cantidad de materia orgánica promedio contenida en la semilla de açai	61
Tabla 15. Densidad de la semilla de açai como partícula en un volumen de agua de 20ml	61
Tabla 16. Determinación de la higroscopicidad	62
Tabla 17. Características químicas de las semillas de açai recolectadas bibliográficamente	62
Tabla 18. Características físicas de las semillas de açai recolectadas experimentalmente	63
Tabla 19. Cantidad de extracto obtenido	63
Tabla 20. Rendimiento de las extracciones	65
Tabla 21. Análisis de Varianza	66
Tabla 22. Características sensoriales del extracto final	68
Tabla 23. Densidad experimental del aceite de semilla de açai	69
Tabla 24. pH promedio del extracto obtenido	69
Tabla 25. Resultados del índice de acidez de la semilla de açai	70
Tabla 26. Resultado del índice de yodo para aceite de semilla de açai	70
Tabla 27. Resultado del índice de peróxido para aceite de semilla de açai	71
Tabla 28. Resultado del índice de saponificación para aceite de semilla de açai	71
Tabla 29. Balance de masa para el proceso de lavado	75
Tabla 30. Balance de masa del proceso de secado	76
Tabla 31. Balance de masa del proceso de molienda	77
Tabla 32. Balance de masa del proceso de extracción	78

Tabla 33. Balance de masa del proceso de recuperación del solvente	78
Tabla 34. Balance de masa del proceso de mezclado	79
Tabla 35. Cantidad de material prima	80
Tabla 36. Tabla de selección de equipos	82
Tabla 37. Cotización de equipos	90
Tabla 38. Costo de la materia prima	90
Tabla 39. Gastos de mano de obra mensual	94
Tabla 40. Gastos mensuales de operación para una planta de extracción de aceite de semilla de açai	94
Tabla 41. Valor comercial del aceite de açai en diferentes países	95
Tabla 42. Flujo de caja	96
Tabla 43. Resumen de indicadores financieros	97

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Palma de açai	23
Figura 2. Hojas de la palmera de açai	24
Figura 3. Racimos de fruto de açai	25
Figura 4. Equipos para la hidrodestilacion	47
Figura 5. Montaje extracción soxhlet	48
Figura 6. Extracción por arrastre de vapor	48
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso	51
Figura 8. Semillas de açai	59
Figura 9. Aceite obtenido por medio de arrastre de vapor	64
Figura 10. A.) Trampa tipo Clevenger sin presencia de extracto B.) balón del hidrodestilador después de la extracción	64
Figura 11. Extracto de la extracción por método Soxhlet	65
Figura 12. Extractos obtenidos con etanol e isopropanol respectivamente	66
Figura 13. Diagrama de bloques del proceso	74
Figura 14. Diagrama de flujo de proceso para la obtención de aceite de semillas de açai	74
Figura 15. Diagrama del balance de masa del proceso de lavado	76
Figura 16. Diagrama del balance de masa del proceso de secado	77
Figura 17. Diagrama del balance de masa del proceso de molienda	77
Figura 18. Diagrama del balance de masa del proceso de extracción	78
Figura 19. Diagrama del balance de masa del proceso de recuperación del solvente	79
Figura 20. Diagrama del balance de masa del proceso de mezclado	80
Figura 21. Lavadora de semillas	86
Figura 22. Horno deshidratador	86
Figura 23. Molino de martillos	87
Figura 24. Extractor soxhlet	87
Figura 25. Columna de destilación	89

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Composición proximal de <i>Euterpe Precatoria Mart</i>	31
Cuadro 2. Porcentaje de recuperación de oleorresinas en la semilla de açai	32
Cuadro 3. Equipamiento característico de los procedimientos	49
Cuadro 4. Características de diferentes aceites vegetales	67
Cuadro 5. Características fisicoquímicas de los aceites obtenidos por diferentes métodos de extracción	72

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Rendimiento de la extracción (%)	55
Ecuación 2. Densidad del extracto	56

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Calculo de la densidad del aceite	103
Anexo B. Indice de acidez	104
Anexo C. Indice de yodo	105
Anexo D. Indice de peroxido	107
Anexo E. Indice de saponificacion	109

LISTA DE ABREVIATURAS

C: grados Centígrados

mL: mililitro

L: litro

cm: centímetro

m: metro

mm: milímetros

s: segundo

min: minutos

h: hora

kg: kilogramo

HP: horsepower

W: vatios

Kw: kilovatios

N: normalidad

%v/v: porcentaje volumen a volumen

M: molaridad

meq: miliequivalente

COP: pesos colombianos

GLOSARIO

ACEITE ESENCIAL: sustancia aromática responsable del olor característico de vegetales, frutas y flores. Como característica particular, son altamente volátiles, poco densos y no grasos.

DESTILACIÓN: proceso de separación el cual está basado en la diferencia de puntos de ebullición de dos sustancias líquidas coexistiendo en una mezcla homogénea. Este proceso requiere una primera etapa de inyección de calor controlado, el cual hará pasar a estado de vapor uno de los componentes (el más volátil) y una segunda etapa en donde por medio de condensación ésta sustancia regresará a estado líquido, pero esta vez ya dejará de hacer parte de la mezcla.

EXTRACCIÓN: proceso mediante el cual se separa el aceite esencial de la materia prima.

AÇAÍ: fruto originario de la selva amazónica de la especie *Euterpe precatoria*, producido por una palmera tropical perteneciente a la familia *Arecaceae*, posee gran variedad de ácidos grasos, aminoácidos, esteroides, antioxidantes, polifenoles. Es un fruto ampliamente consumido en el mundo, excelente fuente de vitaminas, minerales y fibra; cuenta con un muy agradable aroma y sabor.

RENDIMIENTO: Cantidad de producto obtenido en relación con la cantidad de materia vegetal empleada durante dicha extracción.

SOLVENTE: sustancia orgánica capaz de permitir que otra sustancia se disperse en ella misma.

RESUMEN

La actual investigación lleva como propósito la evaluación técnico-financiera del proceso para la obtención de aceite de açai partiendo de los desechos del proceso de despulpado de esta fruta a una escala de laboratorio, la cual se llevó a cabo bajo los parámetros direccionales del Tecnoparque del SENA.

Cabe resaltar que existen diferentes tipos de aceites, dependiendo de su origen se llegan a clasificar en aceites vegetales o animales, y estos son altamente apetecidos en la industria debido a su aporte nutricional contribuye a darle un valor agregado a diferentes productos tradicionales, bien sean para el consumo humano o para el cuidado corporal. El açai es un fruto de bajo consumo a nivel local, actualmente las compañías procesadoras de este fruto lo están comercializando en forma de palmitos, pulpa y productos derivados.

No obstante, los desechos de estas compañías están produciendo un impacto ambiental negativo ya que se está generando contaminación por acumulación de desechos orgánicos, provocando la propagación de plagas, malos olores e impacto visual desagradable. Por tal motivo se requiere llevar a cabo el desarrollo de un diseño de experimentos el cual permite visualizar de forma clara la viabilidad del aprovechamiento de este desecho industrial, en donde se evalúan los diferentes tipos de extracciones como también los solventes, continuando con la caracterización del aceite obtenido y finalizando con el análisis de costos de la operación, de tal forma se evalúa la posibilidad de realizar una extrapolación de los resultados obtenidos en el laboratorio a escala industrial. Una vez realizada la operación de despulpado, los residuos se almacenaron para posteriormente ser molidos por medio de un molino mecánico y secados con una mufla. Consecutivamente se analizan los procesos de mejor aplicación para la extracción de aceite de açai, analizando dos variables: el solvente y la metodología a aplicar; se evalúan tres metodologías diferentes de extracción (Hidrodestilación asistida por microondas, extracción soxhlet, arrastre de vapor), por otro lado, se evalúan los solventes (isopropanol y etanol), alcanzando un rendimiento máximo del 20% de extracto de aceite. Adicional a esto, se realiza la caracterización de este aceite obtenido, evidenciando su calidad comparándolo con la actual normativa vigente para este tipo de productos. Para finalizar, se realiza una evaluación técnico-financiera la cual permite escalar el proceso a nivel industrial, realizando los respectivos balances de masa como también la respectiva cotización de los equipos que se emplean, ejecutando un análisis de costos para así evidenciar la viabilidad de la implementación de este proceso y su productividad.

Palabras Clave: Açai, residuos de açai, aceite vegetal, rendimiento, extracción.

INTRODUCCION

El Açáí es considerado un súper fruto exótico poco explotado en Colombia, cultivado en una parte de la Amazonia del pacifico con cerca de 100.000 hectáreas cultivadas entre Putumayo y Buenaventura, siendo este territorio único en el mundo por sus condiciones de humedad. Sus exportaciones oscilan entre los 5.000 a 6.000 toneladas al año y se dirigen a distintos países europeos como también a Norte América. Actualmente una gran parte de las investigaciones relacionadas con este fruto se enfocan en el aprovechamiento de la pulpa la cual solo conforma el 20% de esta, no obstante, el otro 80% de la fruta son las semillas y han sido poco estudiadas. Los desechos del proceso de despulpado de esta fruta como las semillas, granos abortados y cascaras no son aprovechados y una parte de estos se utilizan como alimento para animales.

Los aceites vegetales contenidos en materia orgánica, son compuestos químicos con características altamente nutricionales. Por su procedencia y su fácil procesamiento, estos aceites son altamente apetecidos en industrias como la de alimentos o la de cosméticos. Según estudios ya realizados, la extracción soxhlet, la hidrodestilación y el arrastre de vapor son procesos que podrían llegar a favorecer la extracción de los aceites contenidos en este tipo de residuo.

En consecuencia, se propone evaluar tres diferentes metodologías de extracción recurriendo a dos solventes desiguales. Todo ello con el objetivo de establecer la metodología que presente un mayor rendimiento en cuanto a porcentaje de extracto obtenido, además de evaluar la viabilidad financiera del proceso, colaborando con el desarrollo sostenible de la empresa al reutilizar los residuos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar técnica y financieramente la producción del aceite de açai partiendo de los residuos del proceso de despulpado para Green and Inclusive Group SAS

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer la caracterización fisicoquímica de la materia prima partiendo de los residuos del proceso de despulpado para la obtención del aceite de açai.
- Seleccionar el método para la extracción de aceite de açai sin afectar las cualidades del producto final por medio de un desarrollo experimental.
- Establecer las especificaciones técnicas del proceso seleccionado.
- Realizar la viabilidad financiera del proceso seleccionado en la obtención del aceite de açai.

1. GENERALIDADES

El actual capítulo muestra el reconocimiento del fruto de açai, las principales características, como también reconoce las condiciones adecuadas para que se presente este fruto, se deja en manifiesto las especificaciones de los aceites vegetales, conjuntamente a ello, se evidencian las metodologías de extracción que más se frecuentan a escala laboratorio, identificando las características de los mismos.

1.1 EI AÇAÍ

El açai (*Euterpe precatoria*.) es un fruto originario de la selva amazónica producido por una palmera tropical perteneciente a la familia Arecaceae que se produce en territorios como Brasil, Colombia, Perú y Bolivia. Esta palmera posee características muy relevantes que la hacen diferente a las demás, empezando con su gran tronco que puede alcanzar a medir unos 25 metros de altura y de 9 a 16 centímetros de diámetro. ¹

1.1.1 Características físicas. En Colombia esta especie recibe diferentes nombres dependiendo de la región en donde se esté ubicada, en la región amazónica y oriente colombiano es comúnmente conocida como guasai, huasai, manaca, maizpepe, palmicha entre otras. ²

- **Descripción:** es una planta tipo Palmera común, frecuentemente ubicada a lo largo de la selva amazónica, posee una forma esbelta alcanzando alturas promedio de 8 y 25 metros como se muestra en la figura 1. Su tronco comúnmente denominado como estipe, es el principal tallo de esta especie, siendo recto y con forma cilíndrica, posee coloración gris claro con diámetro de aproximadamente 7 a 20 centímetros. Una de sus principales características se describe como una palmera multicaule, haciendo referencia a que puede llegar a poseer 4-5 tallos bien formados brindando beneficios a algunas plantas que llegan a formar hasta 25 brotes.³ Por otro lado, cabe resaltar que el estípite es exclusivamente de la especie de las palmeras, caracterizándose por no

¹ CONTRERAS MURILLO, Marta. Proyecto diseño de unidad de procesado de Asai (*Euterpe Oleracea* Mart.), Universitat Politècnica de Valencia. 2017. P. 7.

² CASERO Sandra Yanneth, BARRERA Jaime Alberto, CARRILLO Marcela, HERNANDEZ María Soledad. Asai (*Euterpe Precatoria*) Cadena de valor en el sur de la región amazónica. Instituto amazónico de investigaciones científicas SINCHI. 2015. P. 15.

³ Características del Acai. botanical-online.com. [En línea]. Disponible en: <<https://www.botanical-online.com/plantas-medicinales/acai-caracteristicas>> [Consultado en abril de 2020]

ramificarse, manteniendo la misma forma hasta alcanzar la madurez. Superficialmente posee anillos o denominadas marcas provenientes de los peciolos de las hojas caídas, denominadas cicatrices foliares circulares.⁴

Figura 1. Palma de açai



Fuente: elaboración propia.

Las raíces poseen una coloración purpura brillante, al ser una palma cespitosa, llega a poseer una masa de raíces epigeas emergentes del estípice obteniendo una altura de 40 a 50 centímetros sobre el nivel del suelo. Una de sus principales funciones es la de permitir la oxigenación de las partes anegadas cuando se presentan temporadas de inundaciones.⁵

La taxonomía de la planta o árbol se encuentra descrita en el Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la palma de açai

División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Arecoideae
Orden	Arecales
Familia	Areceaceae
Subfamilia	Arecoideae
Genero	Euterpe Mart

Fuente: ORTEGA ROMERO Elizabeth Consuelo. Obtención del aceite vegetal de *Euterpe precatoria* Mart. (Asaí) por diferentes métodos de extracción: evaluación del rendimiento y calidad (características físico-químicas, actividad antioxidante y estabilidad). Peru. 2015

⁴ *Ibíd.*,

⁵ LORINI Horacio. Plan de Negocios para el aprovechamiento de asaí para la Asociación de Recolectores y Productores de Frutas Amazónicas de Petronila (ARPFAP). Documento de trabajo. 2017. P. 2.

Sus hojas se ven envueltas por una especie de peciolo erecto naciente de la parte más alta de la palma o el final de la estípice, también llamada corona o acrocaulis. La composición de las hojas principalmente es con foliolos pinnatisectos, regados a lo largo del nervio central, denominado comúnmente como pinnadas o palmadas. La cantidad de estos foliolos por cada hoja es de 40 a 80 pares, cada uno con aproximadamente 65 centímetros de largo por 3 centímetros de ancho. Por otro lado, los picolos llegan a alcanzar a medir entre 20 y 30 centímetros. Por último, como se muestra en la figura 1, estas hojas alcanzan grandes tamaños, promediando dimensiones de entre 2-3 metros de largo,⁶ como se evidencia en la figura 2.

Figura 2. Hojas de la palmera de açai



Fuente: CASTRO RODRIGUEZ Sandra Yanneth, BARRERA GARCIA Jaime Alberto, CARRILLO BAUTISTA Marcela Piedad, HERNÁNDEZ GÓMEZ María Soledad. Asaí (Euterpe precatoria) Cadena de valor en el sur de la región amazónica. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi, 2015

- **El fruto de açai.** el fruto de açai es un fruto simple de mesocarpo carnoso o fibroso que rodea el endocarpio o semilla, alcanza a poseer diámetros de entre 1 y 2 cm y un peso promedio por unidad de 1,5 g. El fruto en estado inmaduro posee una coloración verdosa pasando a purpura o morado oscuro cuando este se encuentra en estado de madures, como se evidencia en la figura 3. Por otro lado, los racimos que este tipo de palma llega a producir contienen alrededor de 700 a 900 unidades. La piel o epicarpio del fruto posee una coloración oscura

⁶ *Ibíd.*, p. 3.

tornándose a negro dependiendo del tipo. Conjuntamente a lo anterior el mesocarpo o pupa es fibroso y está en menor proporción, con un espesor de alrededor 1 mm, y contiene una semilla de forma esférica la cual es la mayor parte del fruto.⁷

Figura 3. Racimos de fruto de açai



Fuente: elaboración propia.

Según el estudio realizado por Ligia Inés Rodríguez y Lorena Hasbleidy Ramírez para la Universidad Jorge Tadeo Lozano denominado “Potencial de recuperación de aceite a partir de pulpa de asaí (*Euterpe Oleracea* Mart.) Producto del pacífico colombiano” en donde evalúan la recuperación de aceite contenido en este fruto, concluyendo que existe una cantidad importante de aceite siempre y cuando se contemple como materia prima global (el fruto entero) evidenciando la presencia de aceites en las semillas.

1.1.2 Composición del açai. la composición química del açai dependen básicamente de la forma en la que se encuentra el fruto y la calidad con la que fue recibido, en el caso de la pulpa y la cascara se determinaron las siguientes características:

⁷ ORTEGA ROMERO Elizabeth Consuelo, Obtención del aceite vegetal de *Euterpe precatoria* Mart. (Asaí) por diferentes métodos de extracción: evaluación del rendimiento y calidad (características físico-químicas, actividad antioxidante y estabilidad). UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. Lima-Perú. 2015. P. 7.

- **Ácidos grasos:** Se compone básicamente por 3 tipos de ácidos; su principal compuesto viene siendo el ácido oleico con un valor de 56,2%, lo sigue el ácido palmítico con un valor de 24,1% y por último el ácido linoleico con un valor de 12,5%. Con respecto a su principal compuesto (el ácido oleico) viene siendo la concentración más elevada en cuanto a frutos se refiere.

Este tipo de ácidos grasos posee diversas aplicabilidades en la industria, son bien apetecidos para la fabricación de cremas humectantes para la piel además de brindarle propiedades hidratantes, y suavizantes. Los que más son apetecidos son los que se encuentran en mayores concentraciones, como el ácido linoleico el cual posee propiedades renovantes y reconstructivas sobre la piel, contribuye con propiedades suavizantes, además de contar con cualidades antioxidantes y antiinflamatorias. Por otro lado, los ácidos oleico y palmítico son apetecidos y utilizados como surfactantes para la limpieza de la piel.⁸

- **Aminoácidos:** Este fruto posee cualidades de los aminoácidos bastante amplia, cuenta con gran cantidad de ácido aspártico y ácido glutámico.

Tabla 2. Composición de aminoácidos en el açaí.

AMINOACIDO	CONTENIDO (%)
Acido aspártico	0,83
Treonina	0,31
Serina	0,32
Ácido Glutámico	0,80
Glicina	0,39
Alanina	0,46
Valina	0,51
Metionina	0,12
Isoleusina	0,38
Leusina	0,65
Tirosina	0,29
Fenilalanina	0,43
Lisina	0,66
Histionina	0,17
Arginina	0,42
Prolina	0,53
Cistina	0,18
Triptófano	0,13
Total	7,59

Fuente: PERALTA RAMOS Ramiro. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE COSMÉTICOS A BASE DE ACEITE DE AÇAÍ, instituto tecnológico de buenos aires. 2009

⁸ PERALTA RAMOS Ramiro. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE COSMÉTICOS A BASE DE ACEITE DE AÇAÍ, instituto tecnológico de buenos aires. 2009. P. 5.

Cabe resaltar que este tipo de compuestos son usados sobre agentes cutáneos como hidratantes debido a su capacidad de retener agua, por otro lado, algunos compuestos pueden tener cualidades antioxidantes y curativas.⁹

- **Esteroles:** Existe diferencia significativa entre los tipos de esteroides presentes en el açai, el que se encuentra en mayor cantidad es el B-sitosterol, al cual se le atribuye aproximadamente el 90% de la concentración total. Esta concentración es considerada alta en comparación con otros frutos¹⁰.

Tabla 3. Concentración de esteroides en el açai

Esteroides presentes en el açai	Concentración (mg/g)
B-sitosterol	0,44
Campesterol	<0,03
Sigmasterol	0,04
Total	0,48

Fuente: PERALTA RAMOS Ramiro. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE COSMÉTICOS A BASE DE ACEITE DE AÇAÍ, instituto tecnológico de buenos aires. 2009

Tabla 4. Comparación de concentraciones de B-sitosterol

Componente	Concentración de b-sitosterol (mg/100g)
Aguacate	76
Açai	44
Naranja	17
Pomelo	13
Cereza	12
Banana	11
Manzana	11
Frutillas	10
Limón	8
Melón	8
Pera	7
Durazno	6
Ciruela	6
Ananá	4
Uvas	3
Sandia	1
Arándanos azules	0

Fuente: PERALTA RAMOS Ramiro. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE COSMÉTICOS A BASE DE ACEITE DE AÇAÍ, instituto tecnológico de buenos aires. 2009

⁹Ibíd. P. 8.

¹⁰ Ibíd. P. 10.

Las aplicaciones de los esteroides sobre la piel contribuyen a la reparación y regeneración de esta gracias a su rápida capacidad de absorción. Por otro lado, el B-sitosterol posee propiedades no comunes como las antiinflamatorias.

- **Antioxidantes:** estos compuestos contribuyen a combatir el daño oxidativo que afectan al organismo debido a los compuestos reactivos del oxígeno y de nitrógeno. Cuando estos son ingeridos por el cuerpo humano, se empieza a generar un proceso denominado reacciones de oxidación en cadena, las cuales son cruzadas por los antioxidantes permitiendo su oxidación, interrumpiendo el proceso de oxidación del organismo, cortando con su continuidad. En el momento en que la cantidad de compuestos reactivos de oxígeno y de nitrógeno superan la capacidad del organismo de controlarlos, se produce una condición conocida como estrés oxidativo, afectando de forma negativa al ser humano. Por ende, se hace necesaria la incorporación de agentes antioxidantes externos que contribuyan con el control o prevención de este tipo de inconvenientes. Las repercusiones negativas sobre la piel son el deterioro, envejecimiento, arrugas, además de cáncer. Los antioxidantes son ampliamente utilizados en la industria cosmética debido a su poder de rejuvenecer la piel además de cuidarla de la radiación ultravioleta. Los antioxidantes identificados en el açai son los polifenoles y la vitamina E.¹¹
- **Polifenoles:**
 - **Proantocianidinas:** el contenido de este tipo de polifenol en el açai es de 12,89 mg/g contribuyendo con la capacidad antioxidante característico de este fruto, siendo semejante a la composición contenida en los arándanos azules. En la siguiente tabla se evidencia los diferentes proantocianidinas contenidos por mg/g.

¹¹ PERALTA RAMOS Ramiro. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE COSMÉTICOS A BASE DE ACEITE DE AÇAÍ, instituto tecnológico de buenos aires. 2009. P. 12.

Tabla 5. Concentración de proantocianidinas en el açai.

Proantocianidinas	Contenido (mg/g)
Monómeros	0,21
Dímeros	0,30
Trímeros	0,25
Tetrámeros	0,32
Pentámeros	0,31
Hexámeros	0,52
Heptámero	0,32
Octameros	0,39
Nonameros	0,64
Decameros	0,34
Polímeros	9,28
Total	12,89

Fuente: PERALTA RAMOS Ramiro. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE COSMÉTICOS A BASE DE ACEITE DE AÇAÍ, instituto tecnológico de Buenos Aires. 2009. Pág 12.

Una de las principales características de este tipo de antioxidante es que su efecto es 20 veces más efectivo que la vitamina C además de ser 50 veces más potente que la vitamina E.

- **Antocianinas:** este polifenol es característico de los pigmentos hidrosolubles, proporcionando la coloración azul, rojo o violeta perteneciente a las flores, frutas u hojas. En cuanto al açai se refiere, posee diversidad de antocianinas siendo la cianidina-3-rutinosido la que se encuentra en mayor abundancia, seguidas por la cianidina-3-glucosido.

Tabla 6. Contenido de antocianinas en el açai

Antocianinas	Contenido (mg/g)
Cianidina-3-glucosido	1,17
Cianidina-3-rutinosido	1,93
Cianidina-2-sambubiosido	0,04
Peonidina-3-glucosido	0,02
Peonidina-3-rutinosido	0,04
Total	3,19

Fuente: PERALTA RAMOS Ramiro. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE COSMÉTICOS A BASE DE ACEITE DE AÇAÍ, instituto tecnológico de buenos aires. 2009

Comparando la actividad antioxidante de la vitamina C y la cianidina se evidencia que la segunda es mucho mayor con respecto a la primera, esta cualidad contribuye con la capacidad de proteger la piel de la radiación ultravioleta. Solamente el 10% de la capacidad antioxidante del açai lo aportan las

antocianinas, lo cual indica la existencia de más compuestos antioxidantes por identificar. La totalidad de antocianinas contenidas en el açai es de 3,19 mg/g, una cantidad menor comparándolo con otros frutos similares.¹²

1.1.3 Características químicas de la semilla del açai.

1.1.3.1 Composición de ácidos grasos de las semillas de açai. el aceite contenido en las semillas de açai posee ácidos grasos de cadena corta, entre estos se encuentran 49,77% de C8 y C16, además de contener alrededor de 43,57% de ácidos grasos insaturados. Estas características permiten posicionar a este fruto en el mercado como frutos o alimentos funcionales. Por otro lado, las materias primas ricas en ácidos grasos mono-insaturados y poli-insaturados son bien apetecidos en cuanto a la industria alimentaria se refiere, ya que esta se encuentra en una constante búsqueda por la elaboración de diversos productos alimenticios.¹³

Tabla 7. Composición de ácidos grasos de la semilla de açai.

Ácidos grasos (%)	Aceite de semilla	Aceite de Oliva
Caprilico	0,09	-
Caprico	0,17	-
Laurico	9,62	-
Mirístico	24,25	-
Palmitico	15,90	9
Palmitoleico	0,25	0,6
Esteárico	3,91	2,7
Oleico	24,45	80,3
Linoleico	19,12	6,3
Linolenico	0,46	0,7
Arquídico	0,51	0,4
Behenico	0,80	-
Lignocerico	0,48	-
Índice de Yodo	78,9	82

Fuente: RODRÍGUEZ Ligia Inés. RAMÍREZ Lorena Hasbleidy. Potencial de recuperación de aceite a partir de pulpa de asaí (Euterpe olerácea Mart.) producido en el pacífico colombiano. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

¹²PERALTA RAMOS Ramiro. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE COSMÉTICOS A BASE DE ACEITE DE AÇAÍ, instituto tecnológico de buenos aires. 2009. P. 13-14.

¹³RODRÍGUEZ Ligia Inés. RAMÍREZ Lorena Hasbleidy. Potencial de recuperación de aceite a partir de pulpa de asaí (Euterpe olerácea Mart.) producido en el pacífico colombiano. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. P. 50.

Por otro lado, en la tabla 7 se evidencia la presencia de diferentes ácidos grasos, presentándose en mayor porcentaje el ácido mirístico y oleico con porcentajes de 24,25% y 24,45% respectivamente.

Durante el desarrollo del artículo de investigación denominado “CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE *Euterpe precatoria* Mart. OBTENIDO POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN” se determinó un análisis químico proximal del fruto de açai, comparando los resultados obtenidos con otras fuentes bibliográficas, llegando a la conclusión de que el fruto de açai posee un porcentaje de cenizas de alrededor de 5.13%, lo cual indica una baja presencia de sales minerales para la especie *Euterpe Precatoria*, el contenido de lípidos totales es de 27.28%, indicando una considerable cantidad de lípidos contenidos en este fruto, cabe resaltar que esta característica se ve afectada ya que estos frutos son lavados y secados previamente, disminuyendo la cantidad de lípidos presentes en la materia prima. Por otro lado la cantidad de proteína presente en este fruto es baja con valores reportados de 2,36%, afirmando que el fruto no puede ser considerado como un alimento fuente de proteínas.

Cuadro 1. Composición proximal de *Euterpe Precatoria Mart*

Componentes	Base seca (BS)*	Base húmeda(BH)
Humedad	8,5334±0,005	7,805
Lípidos totales	27,2809 ±0,01	24,952
Proteínas	2,3567±0,1010	2,155
Fibras	0,3220±0,0006	0,295
Carbohidratos	56,6990±0,099	51,863
Cenizas	5,1301 ± 0,00095	4,692

* Promedio± desviación estándar ($\bar{x}\pm S$)

Fuente: ORTEGA ROMERO Elizabeth, JURADO TEIXEIRA Bertha, RAMOS LLICA, Eva, ZAMUDIO MALPATIDA Karin, APARICIO AQUISE Elvira. Caracterización físicoquímica y evaluación de la actividad antioxidante del aceite de *Euterpe precatoria* mart. Obtenido por diferentes métodos de extracción. 2015

1.1.3.2 Parámetros para la extracción de oleorresinas de la semilla de açai. a pesar de que la semilla de açai es un material poco oleaginoso, logra contener cantidades considerables de compuestos antioxidantes que suelen ser recuperados particularmente con extractos alcohólicos, por ende, la mayor recuperación de oleorresinas se da particularmente con extracciones usando isopropanol, siendo este un compuesto polar, aportando cualidades aptas para arrastrar de forma adecuada los compuestos polifenólicos contenidos en la semilla.¹⁴

Cuadro 2. Porcentaje de recuperación de oleorresinas en la semilla de açai.

Disolvente	Factores experimentales		Variable de respuesta
	Temperatura (°C)	Relación semilla-solvente	%Recuperación
Hexano-isopropanol	20	1:50	1,38
Hexano-isopropanol	60	1:100	4,32
Hexano-isopropanol	60	1:50	2,16
Hexano-isopropanol	20	1:100	1,57
Hexano	40	1:100	4,70
Hexano	60	1:75	3,40
Hexano	40	1:50	2,00
Hexano	20	1:75	1,40
Isopropanol	20	1:75	6,60
Isopropanol	60	1:75	34,20
Isopropanol	40	1:100	23,20
Isopropanol	40	1:50	16,40
Hexano-isopropanol	40	1:75	2,76
Hexano-isopropanol	40	1:75	2,76
Hexano-isopropanol	40	1:75	2,75
Hexano-isopropanol	40	1:75	3,14
Hexano-isopropanol	40	1:75	2,78

Fuente: RODRÍGUEZ Ligia Inés. RAMÍREZ Lorena Hasbleidy. Potencial de recuperación de aceite a partir de pulpa de asaí (Euterpe olerácea Mart.) producido en el pacífico colombiano. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

El cuadro 2 deja en evidencia las condiciones adecuadas por las cuales se puede recuperar un porcentaje considerable de aceite de açai, en primer lugar, se usa un solvente polar lo cual permite un adecuado arrastre de las antocianinas presentes en la materia prima, eso se debe a la afinidad que tienen estos polifenoles por los solventes con polaridades altas. Por otro lado, se utiliza una temperatura de 60°C con la cual se conserven las propiedades de las oleorresinas, evitando su degradación. Además, se tiene en cuenta una relación entre la semilla y el solvente de 1:75 lo cual evidencia un gran contacto entre estos dos, asegurando que se recupere la mayor cantidad de oleorresinas presentes.

¹⁴ *Ibíd.* P. 14.

1.2 ACEITES VEGETALES

La principal fuente de aceite vegetal son las semillas y los frutos. Por lo general, la mayoría de las semillas y los frutos contienen aceite, solo los denominados oleaginosos son los adecuados para la producción industrial de aceite. En la mayoría de los casos la composición química de los aceites vegetales corresponde a un 95% de triglicéridos y 5% de ácidos grasos libres, esteroides, ceras entre otros componentes que se encuentran en menor proporción.¹⁵

1.2.1 Clasificación de los aceites.

1.2.1.1 Según su consistencia.

- **Esencias fluidas:** son sustancias particularmente líquidas, cuya volatilidad es muy alta a temperatura ambiente.
- **Bálsamos:** una de las principales características de los bálsamos es que a diferencia de las sustancias fluidas son muy poco volátiles, cuya consistencia es más espesa.
- **Oleorresinas:** son sustancias que se encuentran en estado semisólido o líquido, poseen una viscosidad alta, posee aromas en altas concentraciones.
- **Concretos:** son compuestos cuya extracción se beneficia con solventes no polares, una vez extraídos poseen consistencia semi-sólida, y no poseen trazas de solvente.
- **Absolutos:** poseen características no polares, por ello se da la necesidad de transformarlos en aceites absolutos permitiendo la afinidad con bases polares. Son mayormente extraídos con etanol absoluto, para posteriormente separar las ceras por medio de la refrigeración a bajas temperaturas, facilitando la separación por medio de la filtración.¹⁶

¹⁵ BECERRA SANCHEZ Ángela María, CLAVIJO SIERRA Mónica Andrea. DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA LA TECNIFICACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE DE COCO PARA LA EMPRESA AMANOS ARTESANAL. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. 2018. P. 28.

¹⁶ USAQUÉN RAMÍREZ María José, ZAFRA AGUDELO María Alejandra. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLA DE MANGO A NIVEL LABORATORIO. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. 2018. P. 31.

1.2.2 Características físicas y químicas de los aceites. la composición física y química de los aceites viene siendo dada según el grupo al cual pertenece:

- Aceites saturados: son aquellos cuyo índice de yodo se encuentra entre 5 y 50, como por ejemplo el aceite de copra, palmito entre otros.
- Aceite mono insaturados: aquellos cuyo índice de yodo se encuentra entre 50 y 100, característico del ácido oleico, como por ejemplo aceites provenientes de aceituna, cacahuate entre otros.
- Aceites biinsaturados: aquellos cuyo índice de yodo se encuentra entre 50 y 100, entre estos encontramos el ácido linoleico, como por ejemplo el aceite de girasol.
- Aceites triinsaturados: aquellos cuyo índice de yodo es superior a 150.

1.3 TÉCNICAS PARA LA OBTENCIÓN DE OLEORRESINAS

Conforme al gran interés de la industria por los extractos de fuentes vegetales y por sus diversas aplicaciones, se han implementado diferentes metodologías para la extracción de oleorresinas, estos métodos pueden ser físicos o químicos; la ejecución de cada uno de los métodos de extracción viene estrictamente ligada al tipo de materia prima a usar (material vegetal), a la estabilidad del aceite que está contenido en ella y a la facilidad operacional con las que se cuentan; en seguida se describen los mecanismos de extracción más comunes:

1.3.1 Métodos directos: es la metodología mayormente usada para aceites que se encuentran contenidos en cascaras de fruta, caracterizados por poseer una estabilidad térmica baja, de fácil extracción por aplicación de fuerzas mecánica.¹⁷

1.3.2 Destilación: es un método de separación altamente utilizado en la industria. Se basa en la separación de compuestos de mezclas homogéneas mediante la aplicación de calor, teniendo en cuenta la temperatura de ebullición de dichos compuestos. Los montajes de este procedimiento suelen ser muy sencillos, solo se requiere una fuente de energía, un destilador y un intercambiador de calor.

¹⁷ *Ibíd.* P.32.

1.3.2.1. Arrastre de vapor: es un método de extracción que consiste en aprovechar la propiedad del vapor de agua a asociarse con moléculas de aceite en estado gaseoso, siguiendo este principio la extracción se realiza cuando la materia prima entra en contacto con el vapor de agua permitiendo que las moléculas de aceite se expulsen de la membrana, produciendo una mezcla de gases para posteriormente condensarlos, generando un diferencial entre las dos fases gaseosas, permitiendo una fácil extracción implementando una separación física.

1.3.2.2 Hidrodestilación: su principio básico es llevar el agua hasta su temperatura de ebullición estando en contacto con la materia prima, en el transcurso del proceso se produce una mezcla homogénea que es dirigida a un sistema de condensación, donde posteriormente se separan por diferencia de densidades.

1.3.2.3 Destilación al vacío: es un método de separación comúnmente usado cuando la temperatura de ebullición de un compuesto es superior a la temperatura a la cual se descompone químicamente.

1.3.3 Extracción con solventes. es un método de extracción que se fundamenta en la afinidad de un solvente pasando a través del material vegetal el cual contiene compuestos orgánicos dentro de su microestructura. Este procedimiento se lleva a cabo a una temperatura por debajo a la de ebullición del solvente usado, generalmente es mayor a la temperatura ambiente. La recuperación del solvente se genera a partir de la diferencia de temperaturas de ebullición, cada solvente se debe evaporar a una temperatura inferior a la del aceite extraído. Cabe aclarar que se debe tener en cuenta factores como la condición del material a extraer, el número de lavados con el solvente y el tiempo de contacto de la materia prima con este.¹⁸

1.3.3.1 Extracción con fluidos supercríticos: también llamado EFS, es un método de extracción el cual necesita de condiciones de operación específicas como presión y temperatura. Consiste en poner en contacto la materia prima y el líquido supercrítico en un recipiente de acero, en donde el líquido fluye solubilizando el aceite contenido. La mezcla producida de aceite y líquido se descomprime progresivamente dando como resultado un aceite puro.¹⁹

¹⁸ MERCADO Diego Armando, MIRANDA Fabio Leonardo. ESTUDIO EXPLORATORIO SOBRE LA VIABILIDAD TECNICA Y FINANCIERA DE EXTRAER ACEITE ESENCIAL DE ARAZA (EUGENIA STIPITATA). UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. 2008. P. 21.

¹⁹ MELO GARCÍA Andrés Felipe, MORA MEDINA Nelson Andrés. EVALUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE VEGETAL A PARTIR DE AGUACATE (PERSEA AMERICANA) VARIEDAD LORENA. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. 2018. P. 40.

1.3.4 Prensado: es un método de separación netamente mecánico, en donde la materia prima vegetal se somete a una presión mecánica, obteniendo como resultado el aceite.

1.4 PROPIEDADES DE CARACTERIZACION DE UN ACEITE

Partiendo del hecho de que los aceites poseen cualidades y características peculiares que los diferencian entre sí, la industria ve en estos productos un alto potencial de aplicación. Es por eso que se hace indispensable tener en cuenta la calidad del aceite extraído.

1.4.1 Proceso de Calidad: este tipo de procesos suelen ser rigurosos en industrias que involucran productos para el consumo humano, por ende, este tipo de procesos se hacen importantes ya que aseguran que el producto final pueda ser utilizado en las diferentes industrias como la alimenticia o cosmética. Actualmente existen tres diferentes controles básicos que se le realizan a este tipo de productos.

- Control a la materia prima: realizando este procedimiento se pretende asegurar que el material vegetal del cual se va a realizar la extracción se encuentre en estado óptimo, asegurando que sus componentes no tengan alteraciones.

Solventes: se tiene en cuenta la ficha técnica para la selección de cada sustancia empleada en las diferentes etapas del proceso de extracción.

Semilla: se garantiza que las semillas se encuentren limpias de impurezas y contaminantes que pueden llegar a afectar la calidad del producto final.

- Control sobre la metodología empleada para la extracción: El tener control sobre el proceso permite asegurar que las propiedades del extracto estén dentro de la calidad esperada. Asegurando las propiedades físicas y químicas.

Temperatura: la temperatura para la obtención de aceite de semilla de açai se tomó como un valor fijo, siendo este el punto de ebullición para cada sustancia empleada. Adicional a esto, se tiene control sobre la temperatura del agua del condensador.

Tiempo de extracción: se controla el tiempo con el cual se realiza cada extracción, de acuerdo a la metodología establecida.

- Control sobre el aceite extraído: este análisis se realiza por medio de los órganos sensoriales, y se verifica realizando pruebas fisicoquímicas.

Rendimiento: este parámetro varía según las cantidades de materia prima que se emplean.

En la tabla 8 se evidencian los parámetros de calidad que se deben tener en cuenta al momento de realizar este tipo de procedimientos a los aceites. Actualmente existen diferentes organizaciones reguladoras que velan por la buena calidad de los aceites, entre estas organizaciones encontramos la Organización Panamericana de la Salud, el Instituto de Selección de Calidad Monde Selection, entre otros.

Tabla 8. Parámetros a analizar para el control de calidad.

CONTROL DE CALIDAD	
Característica	Parámetro
Sensorial	Olor
	Apariencia
	Color
Físicas	Densidad
	Poder rotativo
	Índice de refracción
	Miscibilidad en etanol
	Punto de Congelación
	Punto de inflamación
Químicas	Rango de destilación
	Índice de acides
	Índice de Ester
	Índice de saponificación
	Índice de acetilo
Cromatografías	Índice de fenoles
	Perfil cromatógrafo por CG
Otros	Cuantificación principales componentes
	Pesticidas
	Metales Pesados

Fuente: Biocomercio Sostenible: Bandoni 200 Consultado 11 de marzo de 2020 disponible en: <http://www.humboldt.org.co/biocomercio/>

1.4.1.1 Análisis organoléptico: se realizará un análisis sensorial del producto final, permitiendo identificar características como, textura, olor y apariencia. Con esto se determinan características únicas de este producto.

1.4.1.2 Análisis fisicoquímico: este tipo de procedimiento permite acceder a las características que determinan el comportamiento específico del aceite. Se tienen en cuenta los siguientes parámetros.

- **Densidad:** se calcula por medio de un picnómetro, este procedimiento se define como la relación entre la masa y el volumen del aceite. Este parámetro viene ligado a la temperatura y la presión a la cual está sometida la muestra en el momento de realizar la prueba.
- **Índice de ácidos:** procedimiento experimental que se define como el número de miligramos de Hidróxido de potasio (KOH) que se necesitan para neutralizar los ácidos grasos contenidos en un gramo de grasa.²⁰ Este parámetro es importante ya que permite determinar la calidad del aceite ya que los ácidos grasos libres pueden considerarse como impurezas.
- **Índice de yodo:** procedimiento experimental que se define como la cantidad de halógeno utilizado para fijar 100 gramos de grasa.²¹ Este parámetro permite cuantificar las insaturaciones presentes en una muestra de aceite y está relacionado con el punto de fusión y la densidad de la muestra.
- **Índice de peróxido:** procedimiento experimental que se define como la miliequivalencia de peróxido utilizado por kilogramo de aceite.²² Este parámetro identifica la rancidez oxidativa que presenta el aceite extraído.
- **Índice de saponificación:** procedimiento experimental que se define como la cantidad de hidróxido de potasio necesario para saponificar 1 gramo de aceite.²³

1.5 SITUACION ACTUAL DE LA COMPAÑÍA.

Green and Inclusive Group SAS produce pulpa de açai de la especie *Euterpe precatória*, la cual se procesa de forma higiénica y al poco tiempo de ser cosechado el fruto, lo cual destaca las cualidades organolépticas del producto final, obteniendo un valor agregado en el mercado. Actualmente la compañía ofrece la pulpa de la

²⁰ MEDINA, M. Gilma Beatriz. Aceites y grasas comestibles. Universidad de Antioquia. Departamento de Farmacia. [En línea]. Disponible en: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/424/Gilma_Medina/Grasasyaceites/Documento_Grasas_y_aceites.pdf> [Consultado el 11 de marzo de 2020]

²¹ *Ibíd.*

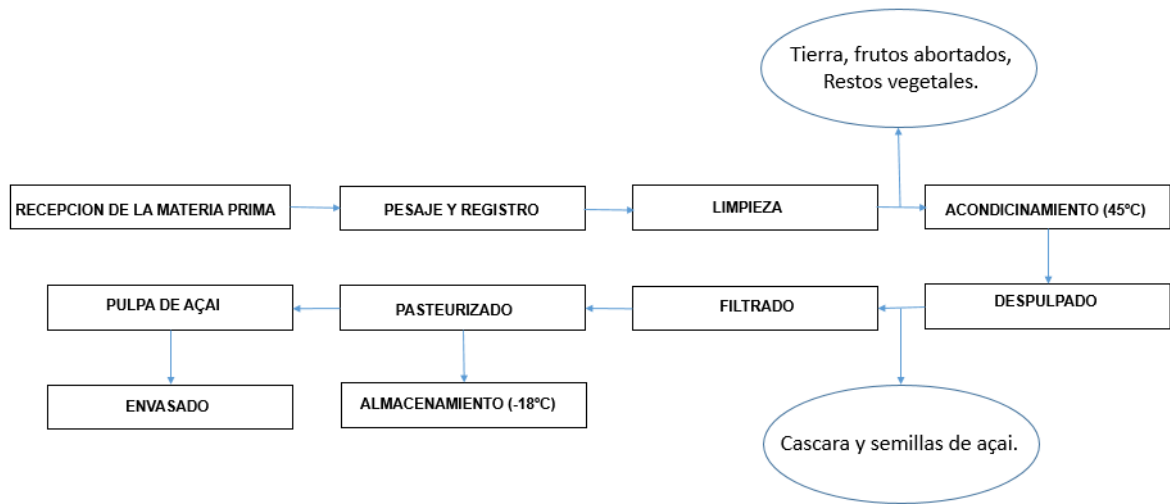
²² MELO GARCÍA Andrés Felipe, MORA MEDINA Nelson Andrés. EVALUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE VEGETAL A PARTIR DE AGUACATE (PERSEA AMERICANA) VARIEDAD LORENA. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. 2018. P. 46.

²³ *Ibíd.* P.46.

fruta en presentación de envases de 1 Kg y 500 g, y se comercializan en bloques congelados de dimensiones de 20x17x4cm. Cabe resaltar que para producir 1 Kg de pulpa se procesan alrededor de 3 Kg de fruta.

- **Proceso de despulpado.** Green and Inclusive Group SAS cuenta con una planta despulpadora ubicada en San José del Guaviare, está dividida en varias áreas lo cual facilita la recepción, selección, limpieza, despulpado y empaquetado como se muestra en la gráfica 1.

Grafica 1. Proceso de despulpado de fruta de açai.



Fuente. elaboración propia.

El proceso inicia con la recepción de la materia prima la cual debe carecer de frutos abortados además de contener una baja cantidad de contaminación y frutos maduros, con el objetivo de tener la materia prima en las mejores condiciones. Una vez el material está limpio de impurezas es sometido a un proceso de ablandamiento por medio de un choque térmico permitiendo la separación de la pulpa de la cascara, luego de esto pasa por las máquinas de despulpado en donde cada una se carga con alrededor de 20Kg de fruta y se le adiciona agua potabilizada en proporción de 1L de agua por cada 3Kg de fruta, obteniendo una pulpa espesa, los residuos que arroja esta operación son recolectados en baldes. Posterior a esto se realiza un proceso de filtrado en donde se separa la pulpa de la cascara y la semilla, obteniendo un producto de mejor calidad. Esta pulpa se incorpora a un pasteurizador siguiendo el protocolo sugerido para productos frutados teniendo en cuenta el manual que corresponde a cada equipo. Por último, se realiza el proceso de envasado en donde se envasa la pulpa en bolsas de polietileno y son selladas al vacío para su posterior almacenamiento a -18°C.

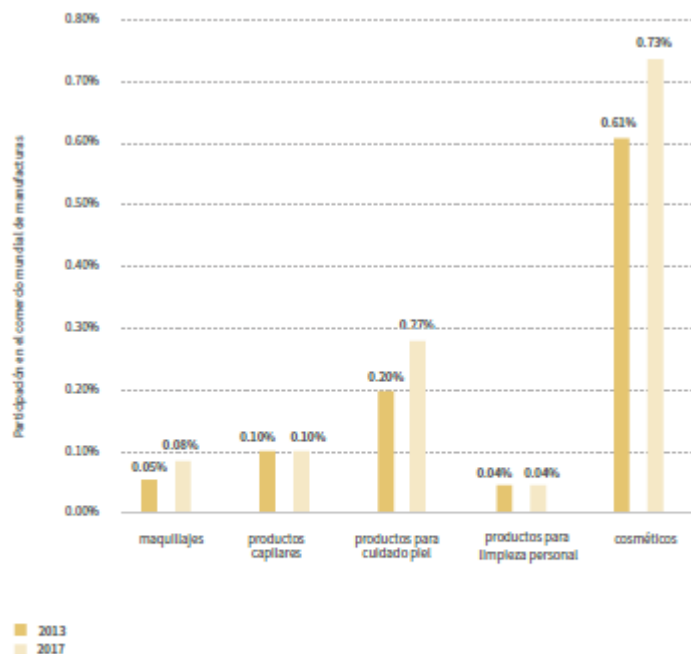
Lo residuos generados en el proceso de despulpado están generando un impacto ambiental negativo, generando la propagación de plagas, como olores desagradables además de una mala imagen visual.

1.5.1 Incursión en la industria cosmética. la empresa Green & Inclusive Group SAS tiene como objetivo diversificar sus productos a base de açaí, toda vez que ha encontrado un potencial dentro del mercado colombiano para la comercialización del aceite de esta misma fruta. Razón por la cual, la empresa pretende desarrollar una línea de negocio enfocada a la industria cosmética.

Colombia es uno de los principales proveedores de cosméticos y productos de aseo de América Latina, la industria ha mostrado un crecimiento sostenible los últimos 8 años en cuanto a producción, ventas y exportaciones. Las ventas de maquillaje, tratamientos para la piel, cremas, jabones, shampoo colombianos gozan de gran prestigio en el exterior por su calidad y sus ingredientes naturales. “En 2015 las ventas del sector alcanzaron los US\$ 3.952 millones con una tasa de crecimiento en ventas del 7% entre 2009 y 2015 y con cifras de exportación durante 2015 de USD 547,5 millones, que representan un crecimiento anual del 3% desde 2010. Los productos de maquillaje, tratamientos para la piel, cremas, jabones y champo colombianos gozan de gran prestigio en el exterior por su calidad y sus ingredientes naturales; posicionando a Colombia como el quinto mercado de cosméticos y Artículos de Aseo en Latinoamérica.”²⁴

²⁴ PROCOLOMBIA, Crecimiento del sector de aseo y cosméticos en Colombia, [En línea]. Disponible en: <https://procolombia.co/noticias/covid-19/el-crecimiento-del-sector-de-aseo-y-cosmeticos-en-colombia-continua> [Consultado en abril de 2020]

Grafica 2. Importancia de productos cosméticos en el comercio mundial de manufacturas, 2013-2017



Nota: Las barras del extremo derecho muestran la importancia de todos los segmentos del subsector de cosméticos, no solo de los grupos que se encuentran en el gráfico, sino también de perfumes y productos para la higiene oral.

Fuente: Datos tomados de la base de UN-COMTRADE

Fuente. 2018 Análisis de la competitividad del sector de cosméticos e ingredientes naturales. [En línea]. Disponible en: <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-01/An%C3%A1lisis_de_competitividad_sector_cosm%C3%A9tico_VF_2019.pdf>

Al comparar el comportamiento positivo del valor agregado per cápita en Colombia con referentes internacionales, se observa que existe aún una gran distancia. “Singapur, Francia, Estados Unidos, y Alemania alcanzaron en el 2016 valores per cápita por encima de \$USD 71.2, es decir una capacidad productiva 1.5 veces mayor que la de Colombia”.²⁵ La capacidad productiva de las multinacionales líderes en el mercado de productos de belleza ubicada en estos países se relaciona con los niveles avanzados de investigación e innovación, por lo que en Colombia la inversión que se destina a este rubro por parte del Gobierno como de entidades privadas es casi nulo. Sin embargo, empresas como Green & Inclusive Group SAS consideran que la innovación e investigación son fundamentales para ofrecer a sus

²⁵ 2018 Análisis de la competitividad del sector de cosméticos e ingredientes naturales. [En línea]. Disponible en: <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-01/An%C3%A1lisis_de_competitividad_sector_cosm%C3%A9tico_VF_2019.pdf>

clientes productos que se adapten a sus necesidades, sostenibles y 100% orgánicos.

Teniendo en cuenta lo anterior, Green & Inclusive Group SAS cuenta con las herramientas suficientes para ingresar a la industria de cosméticos, sin embargo, su enfoque principal para la estrategia de ventas estará determinada hacia el mercado nacional, en este sentido “se estima que las ventas del sector de belleza y cuidado personal en Colombia, presenten un crecimiento exponencial en los próximos cinco años (2020 – 2024), alcanzando un crecimiento promedio anual de ventas de 1,5%, por USD 3.297 millones en 2024”²⁶

El incremento potencial de esta industria se relaciona con la creciente preocupación del consumidor por el cuidado de la imagen y el bienestar, y la importancia que le da al uso de productos que no contengan químicos y sean fabricados bajo prácticas ambientalmente responsables. El tipo de cosméticos que contribuye al crecimiento del sector son principalmente los elaborados con ingredientes naturales y/u orgánicos y personalizados para cada tipo de necesidad. Al comparar el comportamiento positivo del valor agregado per cápita en Colombia con referentes internacionales, se observa que existe aún una gran distancia. “Singapur, Francia, Estados Unidos y Alemania alcanzaron en el 2016 valores per cápita por encima de \$USD 71.2, es decir una capacidad productiva 1.5 veces mayor que la de Colombia”.²⁷ La capacidad productiva de las multinacionales líderes en el mercado de productos de belleza ubicada en estos países se relaciona con los niveles avanzados de investigación e innovación, por lo que en Colombia la inversión que se destina a este rubro por parte del Gobierno como de entidades privadas es casi nulo. Sin embargo, empresas como Green & Inclusive Group SAS consideran que la innovación e investigación son fundamentales para ofrecer a sus clientes productos que se adapten a sus necesidades, sostenibles y 100% orgánicos.

La sostenibilidad del sector se relaciona con uno de los nuevos paradigmas de producción y consumo como la Economía Circular, que pretende establecer principios más responsables para optimizar el uso de recursos, alargar su vida útil y minimizar la generación de residuos. Esto mediante criterios de reutilización, remanufactura, reciclaje y valorización de residuos, que logren cerrar los ciclos de producción y consumo, además de convertir los residuos y desechos en insumos

²⁶ PROCOLOMBIA, Crecimiento del sector de aseo y cosméticos en Colombia, [En línea]. Disponible en: <<https://procolombia.co/noticias/covid-19/el-crecimiento-del-sector-de-aseo-y-cosmeticos-en-colombia-continua>>

²⁷ 2018 Análisis de la competitividad del sector de cosméticos e ingredientes naturales. [En línea]. Disponible https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-01/An%C3%A1lisis_de_competitividad_sector_cosm%C3%A9tico_VF_2019.pdf

recuperados con potencial de ser reincorporados en procesos productivos. En la industria cosmética estos principios involucran a todos los actores y eslabones de la cadena, desde la producción de insumos, la innovación y diseño sostenible del producto, la fabricación, el empaque, el sistema de distribución y el manejo de residuos y desechos. Uno de los criterios de sostenibilidad que muestra mayor nivel de avance se relaciona con el diseño y uso de empaques reutilizables y reciclables. En la fase de consumo en cambio, cada vez se promueve más la educación al consumidor para que optimice el uso de los productos y clasifique los desechos post- consumo de la manera adecuada. Grandes jugadores de la industria han incorporado criterios de circularidad por los beneficios ambientales y porque representan grandes oportunidades de negocio. Dentro de las empresas que manejan iniciativas en este ámbito están Unilever, Procter & Gamble, L’Oreal y Lush Cosmetics.

1.6 MARCO LEGAL.

- **Norma Técnica Colombiana NTC 336.** por la cual se permite efectuar de manera adecuada la determinación de la densidad en grasas y aceites de origen animal y vegetal.
- **Norma Técnica Colombiana NTC 283.** por medio de la cual se logra determinar el índice de yodo contenido en una muestra de grasa o aceite de origen animal o vegetal.
- **Norma Técnica Colombiana NTC 335.** permite determinar el nivel de saponificación que posee una muestra de aceite de origen animal o vegetal.
- **Norma Técnica Colombiana NTC 218.** procedimiento que permite establecer el índice de ácidos que posee una muestra de aceite de origen animal o vegetal.

2. MATERIALES Y METODOS

El actual capítulo presentara por detallado los materiales necesarios para el desarrollo del proyecto, además de describir los equipos empleados y la metodología utilizada para llevar a cabo la extracción de aceite de semilla de açai.

2.1 MATERIALES

Se hace necesaria la identificación del tipo de materia prima que se va a emplear, como también la fuente de la misma. Geo espacialmente Colombia es un país ubicado en la zona del trópico lo cual conlleva a tener unas condiciones de humedad y temperatura óptimas para la proliferación de especies de plantas exóticas en la amazonia como la palma de Açai. Actualmente existen dos variedades de esta fruta, razón por la cual es un requerimiento conocer la especie a experimentar además de sus características particulares. Se logró ubicar una empresa que dentro de su actividad económica se vieran involucrados los residuos del proceso de despulpado del açai, objeto de estudio de este proyecto. Por otro lado, se tuvo en cuenta la cantidad de residuos que se generan en la compañía ya que a escala laboratorio se dificulta el procesamiento de altas cantidades de materia prima. Cabe aclarar que un alto porcentaje estos residuos están compuestos por semillas.

2.1.1 Semilla de açai: Las semillas de açai provienen de la actividad industrial de Green and inclusive Group S.A.S, empresa dedicada a la comercialización y exportación de productos agrícolas ubicada en la Calle 144 # 11^a-95, Bogotá, Cundinamarca. Esta compañía cuenta con un área de procesamiento y despulpado ubicada en San José del Guaviare, en donde se adecua el producto para su posterior comercialización, de esta actividad se desecha la pepa o semilla, algunas cascara como también frutos abortados del proceso. Una pequeña cantidad de residuos son recolectados, empacados y enviados desde San José del Guaviare hasta las oficinas principales de la compañía, en donde son recibidos y puestos en refrigeración para evitar mayor degradación. Posteriormente son llevados hasta los laboratorios del Tecnoparque SENA, en donde se les realiza una limpieza manual, retirando tierra y residuos de cascara. Una vez realizado esto, se procede a realizar la disminución de partícula por medio de un molino mecánico, fracturando las semillas, con el fin de aumentar el área superficial de la materia prima.

2.1.1 Caracterización física de la semilla de açai: para empezar, se hace necesario aclarar que el fruto de Açai cuenta con dos especies diferentes, “Euterpe Precatoria Mart” y “Euterpe Oleracea”, presentado entre las dos características físicas muy similares, en este caso, la especie a estudiar es la Euterpe Precatoria Mart. Cabe destacar que el tamaño de las semillas depende estrictamente del tamaño del fruto. Al obtener una caracterización de la semilla adecuada, se logra determinar variables tanto del proceso de extracción como de la correcta manipulación de la materia prima a lo largo de los procesos. A continuación, se evidencian los parámetros a tener en cuenta.

- **Peso:** se realiza por medio de una balanza de precisión, se pesan varias semillas por separado para luego promediar los resultados de las mediciones.
- **Tamaño:** las semillas de açai al poseer una alta esfericidad, se toma el diámetro de cada muestra por medio de un calibrador pie de rey y posteriormente se promedian los resultados de las mediciones.
- **Densidad:** este parámetro de medición se realiza por medio de un análisis por diferencia de volúmenes, en donde se mide el volumen de agua desplazado por la semilla dentro de un volumen determinado. En primer lugar, se toma el peso de cada semilla seleccionada aleatoriamente, se introduce dentro de una probeta con un volumen de agua determinado, esto genera un desplazamiento en el agua dentro de la probeta alcanzando una nueva medida de volumen, posteriormente se determina la diferencia entre el volumen final y el inicial, obteniendo así el volumen desplazado.
- **Humedad:** esta experimentación se realiza por medio de una mufla, se toma el peso de la muestra que se va a secar antes de introducirla en la mufla y después de realizado el proceso, la diferencia entre estas dos mediciones arroja como resultado la humedad de la muestra.
- **Higroscopicidad:** para la determinación de este parámetro se hace necesario pesar la muestra de semillas de açai para posteriormente dejarla reposar sumergida dentro de un recipiente con agua por un periodo de tiempo de una hora, al finalizar el tiempo de absorción de agua, se toma el peso de la muestra y se comparan los dos resultados.
- **Cenizas:** este parámetro permite medir la cantidad de residuos que resulta después de incinerado el material de estudio, se toma el peso de la muestra antes y después de incinerarse a una temperatura de 550°C durante cuatro horas.

2.1.2 Solventes: se realiza una revisión bibliografía acerca de los solventes empleados para este tipo de procesos, teniendo en cuenta factores de influencia como la toxicidad, punto de ebullición, facilidad de operación, fácil recuperación además de los costos involucrados para acceder a ellos. Teniendo en cuenta los solventes utilizados en el documento denominado “CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE Euterpe precatoria Mart. OBTENIDO POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN” realizado por Ortega Romero Elizabeth, Jurado Teixeira Bertha, Ramos Llica, Eva, Zamudio Malpatida Karin, Aparicio Aquisé Elvira; donde evidencian la recuperación de oleoresinas presentes en las semillas de açai utilizando diferentes solventes, se realiza una definición de los tres solventes utilizados en ese documento y se descarta el que presente características menos adecuadas para el proceso.

- **Etanol:** solvente conocido comúnmente como alcohol etílico, es una sustancia polar que a condiciones normales presenta una temperatura de ebullición de 78.4°C, su polaridad es más baja que la del agua, su fácil recuperación y solubilidad lo hacen ser una sustancia mayormente usada en la industria.
- **Isopropanol:** también conocido como 2 – Propanol, es una sustancia polar, incoloro de olor bastante fuerte, mayormente usado para extracciones de ceras, resinas, aceites vegetales, entre otros. A condiciones normales presenta una temperatura de ebullición de 82°C.
- **Hexano:** el hexano es un líquido incoloro con un olor parecido al del petróleo. Es menos denso que el agua e insoluble en ella, sus vapores son más densos que el aire. Comúnmente usado para disolver hidrocarburos, hidróxidos alcalinos, colorantes, drogas sintéticas. A condiciones normales presenta una temperatura de ebullición de 68,6°C.

Teniendo en cuenta la descripción realizada anteriormente de los solventes utilizados para la extracción de oleoresinas de açai, se seleccionan el isopropanol y el etanol como solventes a emplear ya que presentan características más acordes para la extracción, estos dos solventes cuentan con punto de ebullición similares, lo cual permite tener condiciones de operación similares, facilitando la comparación entre los resultados, son menos costosos que el hexano además de una toxicidad más baja.

2.2 EQUIPOS

En el desarrollo del proyecto se evaluaron tres metodologías diferentes de extracción, empezando con la hidrodestilación asistida por microondas, extracción con solventes volátiles o más conocida como extracción Soxhlet y arrastre de vapor. Cabe aclarar que actualmente estas metodologías de extracción tienen en común diferentes equipos, no obstante, cada experimento posee equipos e implementos particulares que serán descritos a continuación:

2.2.1 Hidrodestilación asistida por microondas: este experimento consta de un hidrodestilador con trampa tipo Clevenger, un condensador de bolas y un balón con capacidad para 2 L, además de un microondas de marca Samsung, los cuales se evidencian en la figura 4.

Figura 4. Equipos para la hidrodestilación.



Fuente: elaboración propia.

Consta de:

- Trampa tipo Clevenger.
- Condensador de bolas.
- Microondas marca Samsung.
- Cámara de extracción.
- Refrigerador de recirculación.

2.2.2 Extracción por solventes volátiles (Soxhlet): este experimento consta de un balón aforado de fondo plano con capacidad para 250 mL, un digestor Soxhlet con capacidad de 100 mL, un condensador de bolas además de una bomba de reflujo, como se observa en la figura 5.

Figura 5. Montaje extracción soxhlet.



Fuente: elaboración propia.

Consta de:

- Extractor/digestor Soxhlet.
- Placa de calentamiento.
- Matraz aforado.
- Bomba de reflujo.

2.2.3 Arrastre de Vapor: para este experimento se necesita un condensador de bolas, dos matraces cada uno con capacidad de 250ml, uno de ellos debe tener un desprendimiento lateral, un tapón hermético, una plancha de calentamiento para el suministro de energía, como se evidencia en la figura 6.

Figura 6. Extracción por arrastre de vapor.



Fuente: elaboración propia.

Consta de:



- Matraz.
- Condensador de bolas.
- Bomba de reflujo.
- Plancha de calentamiento.

2.2.4 Equipos: Para continuar con la descripción de los equipos, se exponen las especificaciones técnicas y usos de cada equipo implementado en el desarrollo del proyecto, cabe aclarar que algunos equipos son comunes en todas las extracciones y procedimientos.

Cuadro 3. Equipamiento característico de los procedimientos.

Equipo	Marca	Función	Imagen
Microondas	Samsung	Proporcionar la energía calórica al sistema por medio de la generación de ondas	
pH – metro	hanna instruments	Medir la cantidad de iones hidronio en el aceite obtenido	
Digestor Soxhlet	Schott Duran	Permite la interacción entre la materia prima y el solvente, contribuyendo a la recirculación del solvente al balón de calentamiento.	

Tabla 9. (Continuación).

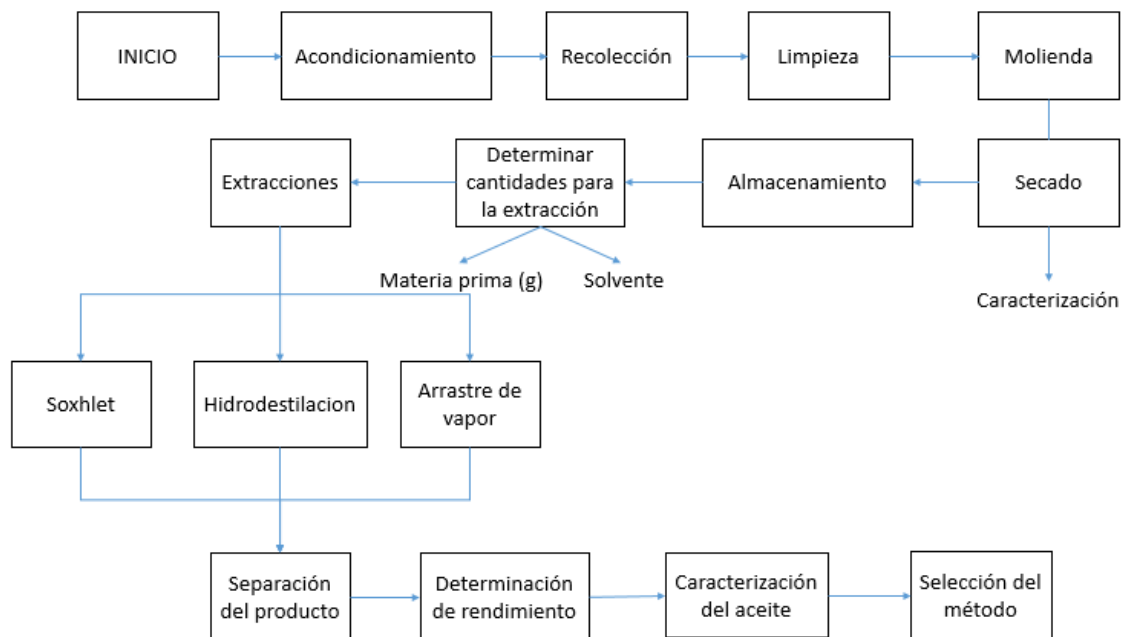
Equipo	Marca	Función	Imagen
Refrigerador de circulación.	Wisd Laboratory Instruments	Recircular agua refrigerada con temperaturas menores a 0°C al sistema.	
Rotaevaporador	Heidolph	Permite recuperar los solventes implementados en las extracciones para su posterior uso.	

Fuente: elaboración propia.

2.3 METODOS:

Los lineamientos para el desarrollo del proceso de extracción permiten diferenciar dos procesos que se llevan a cabo, en primer lugar, se ejecuta el acondicionamiento de la materia prima de la cual se va a realizar la extracción de aceite, para este caso en particular las semillas de açai, con el objetivo de establecer las condiciones adecuadas para lograr una buena extracción con un rendimiento conforme. Por otro lado, en la segunda parte se procederá a realizar la extracción del aceite de la semilla de açai por medio de las diferentes metodologías, variando los solventes, seleccionando el solvente ideal además de medir el rendimiento obtenido de cada extracción. La metodología se ilustra de forma más clara en la figura 7, diagrama de bloques general del proceso.

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso.



Fuente. elaboración propia.

2.3.1 Acondicionamiento: con el objetivo de establecer las condiciones adecuadas para el correcto aprovechamiento de la materia prima y evitar efectos adversos por contaminación o degradación del producto de interés, se procede a realizar los siguientes lineamientos los cuales van empalmados con la revisión bibliográfica.

- **Recolección:** en esta etapa del proyecto se realiza la exploración acerca de las compañías que actualmente están procesando frutos provenientes de la amazonia colombiana, las cuales logran obtener algunos residuos orgánicos provenientes de sus actividades económicas. Green and Inclusive Group S.A.S compañía dedicada a la comercialización de productos agrícolas, procesa y distribuye la pulpa de açai a lo largo del territorio colombiano. Actualmente la empresa procesa alrededor de 20 toneladas de pulpa de fruta de açai por semestre, de los cuales aproximadamente un 65% son residuos provenientes del proceso de despulpado (que en su mayoría son semillas) los cuales están siendo utilizados como alimento para animales, no obstante, el otro 35% es pulpa de fruta.
- **Limpieza:** los residuos brindados por parte de la compañía Green and Inclusive Group S.A.S presentan en su totalidad trazas de tierra y de más contaminantes por lo que se hace necesario implementar en primera instancia un lavado con agua.

- **Molienda:** en esta etapa del acondicionamiento las semillas una vez limpias pasan por un molino mecánico de acero, quebrándolas en trozos más pequeños, para aumentar el área de contacto entre la materia prima y los solventes a implementar, con el objetivo de extraer la mayor cantidad de aceite contenido en la materia prima. El resultado de este proceso son trozos pequeños de semilla de açai de color café oscuro, presentando una coloración blanca en su interior.
- **Secado:** con el objetivo de evitar una mayor degradación de la materia prima, el material ya limpio se somete a un proceso de secado llevándola por un periodo de 24 horas a una mufla a una temperatura constante de 60°C evitando que el aceite contenido en la materia prima se desnaturalice o se evapore.

2.3.2 Extracción: con el fin de lograr determinar el proceso de extracción más adecuado se realiza la respectiva evaluación de las diferentes metodologías de extracción además de evaluar los solventes a utilizar. Para empezar, se realizó una revisión bibliográfica en donde se evidencian parámetros y datos experimentales de cada proceso, permitiendo realizar las pruebas partiendo de resultados teóricos. Con base a lo anterior, y la dificultad del terreno en donde se encuentra el residuo, se procederá a seleccionar el método de extracción con fácil actividad operacional, ecológicamente amigable, eficiente y de bajo costo. Por consiguiente, se evaluarán tres metodologías diferentes de extracción, empezando con la Hidrodestilación asistida por microondas, extracción con solventes (Soxhlet), y Arrastre de vapor, evaluando el rendimiento de cada extracción, se seleccionará el método más adecuado.

- **Cantidades de materia prima.** uno de los parámetros a tener en cuenta para la determinación de las cantidades de la semilla de açai y del solvente es la capacidad de los equipos (junto con sus restricciones) y el tipo de extracción que se vaya a realizar, para la materia prima solida se utiliza una balanza analítica que permite obtener cantidades más específicas y para el solvente liquido se utiliza una probeta de vidrio con capacidad para 100mL.

2.3.2.1 Procedimiento para la extracción de aceite: partiendo del principio básico de los diferentes métodos de extracción el cual es la destilación, en donde se permite la disociación de una mezcla miscible por medio de la aplicación de energía calórica, teniendo en cuenta criterios específicos como el punto de ebullición de cada sustancia. Por consiguiente, se deja en evidencia el procedimiento a llevar a cabo para cada una de las metodologías utilizadas para el buen desarrollo del proyecto. A continuación, se observa en la tabla 9 la nomenclatura con la que se realizara el proyecto, con el fin de tener una visual más clara de los procedimientos.

Tabla 9. Nomenclatura de las pruebas.

N° de prueba	Solvente	Metodología de extracción
1	Etanol	Hidrodestilación
2		Extracción Soxhlet
3		Arrastre de vapor
4	isopropanol	Hidrodestilación
5		Extracción Soxhlet
6		Arrastre de vapor

Fuente: elaboración propia.

- **Hidrodestilación asistida por microondas:** esta metodología por lo general conlleva mucho tiempo, es por eso que para acelerar el proceso se le suministra energía con ayuda de un microondas. En primer lugar, se le adiciona al matraz una mezcla de 300 mL de solvente y 30 gr de muestra, de tal forma que esta quede cubierta en su mayoría. Se verifica que los condensadores operen con buen reflujo, el agua de refrigeración se encuentre a temperaturas bajas, con esto se logran fijar dos variables: el tiempo de extracción, en donde se pretende tener control sobre la cantidad de aceite que se va extrayendo y la potencia del microondas, Se toman intervalos de 40min cada uno a una potencia de 60W.

Al tener la materia vegetal en permanente contacto con el solvente permite facilitar el proceso de separación de las oleorresinas presentes, ya que el solvente tiene mayor acción sobre la superficie del material, cuando se eleva la temperatura del sistema y la mezcla alcanza su temperatura de ebullición, el vapor generado se dirige a un condensador de bolas, el cual permite volver la mezcla a estado líquido nuevamente, cabe resaltar que el agua de refrigeración debe ser baja de lo contrario se generarían perdidas por evaporación debido al efecto de las altas temperaturas dentro del microondas que no pueden ser controladas durante el proceso. La mezcla generada va siendo depositada dentro de la trampa tipo Clevenger, en donde se ira acumulando el aceite extraído. El aceite al ser menos denso que el solvente, quedará flotando en la parte superior del producto, lo cual permitirá su separación manualmente. El Solvente retornara al balón dentro del microondas para producir más extracción.

Tabla 10. Condiciones de operación para la extracción por hidrodestilación asistida por microondas

Condiciones de operación		
Ensayo	1	4
Temperatura de operación (°C)	82,5	78,37
Cantidad de material vegetal (g)	30	30
Cantidad de solvente (mL)	300	300
Variable respuesta (g)	Cantidad de extracto	Cantidad de extracto

Fuente: elaboración propia.

- **Extracción por solventes volátiles (Soxhlet):** para este procedimiento se pesan alrededor de 30 g de semillas de açai previamente secadas y molidas, se introducen dentro de un cartucho de papel filtro el cual se deposita en la cavidad del sifón soxhlet de tal forma que permita el adecuado funcionamiento del equipo. Por otro lado, se disponen de 250 mL de solvente en el matraz de calentamiento, al cual se le va a elevar la temperatura hasta alcanzar temperaturas menores a la del punto de ebullición del solvente. Este tipo de procesos demora alrededor de 4 a 5 horas, por tal motivo se decide operar el equipo por 4 horas para conservar propiedades presentes en el aceite. Una vez iniciado el proceso el vapor de solvente generado se dirige hacia un condensador de bolas en el cual tiene cabida la condensación y por acción de la gravedad las gotas de solvente caen sobre el cartucho que contiene el material vegetal, el tubo capilar del sifón soxhlet empieza a llenarse conforme avanza el proceso debido al goteo del solvente, y una vez este alcanza su límite se produce una descarga que devuelve el solvente con extracto al balón de calentamiento para iniciar un nuevo proceso de extracción, esto ocurre de manera repetitiva a lo largo del tiempo establecido. Al finalizar el tiempo de extracción, la mezcla pasa por un proceso de separación.

Tabla 11. Condiciones de operación para la extracción por solventes volátiles.

Condiciones de operación, Soxhlet		
Ensayo	2	5
Temperatura de operación (°C)	82,5	78,37
Cantidad de material vegetal (g)	30	30
Cantidad de solvente (mL)	250	250
Variable respuesta (g)	Cantidad de extracto	Cantidad de extracto

Fuente: elaboración propia.

- **Arrastre con vapor:** en este procedimiento se toman 200mL de solvente y 30g de semilla de açai previamente acondicionada. Al igual que las anteriores metodologías, el proceso inicia al inyectar energía calórica al matraz que contiene solvente con el objetivo de generar vapor, la temperatura a la cual se operar el sistema debe estar por debajo de la temperatura de ebullición de cada solvente. El vapor generado se dirige al segundo matraz el cual contiene el material vegetal, en donde se produce una mezcla homogénea entre el solvente y el aceite, en el momento en que las presiones de vapor de la mezcla alcanzan la presión del balón la mezcla empieza a hervir. Finalmente, el aceite y el solvente pasan por un condensador de bolas permitiendo su cambio de fase de vapor a líquido, para su posterior separación.

Tabla 12. Condiciones de operación para la extracción por arrastre de vapor.

Condiciones de operación, arrastre de vapor		
Ensayo	3	6
Temperatura de operación (°C)	82,5	78,37
Cantidad de material vegetal (g)	30	30
Cantidad de solvente (mL)	200	200
Variable respuesta (g)	Cantidad de extracto	Cantidad de extracto

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2.2 Separación del extracto. una vez finalizado el proceso de extracción, la mezcla de extracto-solvente es llevada al rotaevaporador marca Heidolph, el cual se programa con las condiciones de temperatura y presión adecuadas para que se evapore el solvente utilizado, permitiendo la separación del aceite y del solvente.

2.3.2.3 Rendimiento. tomando como referencia en documento titulado Obtención del aceite vegetal de Euterpe precatoria Mart. (Açaí) por diferentes métodos de extracción: evaluación del rendimiento y calidad (características físico-químicas, actividad antioxidante y estabilidad). UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS., Se evalúa el rendimiento de la extracción en porcentaje m/m y se pesa el aceite obtenido por medio de una balanza analítica. El rendimiento de cada procedimiento se calculó usando la Ecuación 1.

Ecuación 1. Rendimiento de la extracción (%)

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{masa de aceite extraído}}{\text{masa del lote}} * 100$$

Fuente. USAQUÉN RAMÍREZ María José, ZAFRA AGUDELO María Alejandra. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLA DE MANGO A NIVEL LABORATORIO. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. 2018.

Ya con la experimentación realizada y con los datos reales, se procede a realizar una comparación con los datos teóricos obtenidos por diferentes autores, permitiendo visualizar un rendimiento de alrededor del 20%.

2.3.2.4 Caracterización del extracto. Este procedimiento se realiza con el fin de evidenciar la composición del aceite extraído, evaluando las siguientes propiedades.

- **Densidad:** Este procedimiento se ejecuta por medio de un picnómetro y una balanza analítica, se realiza con el fin de saber la relación que existe entre la masa de una sustancia y el volumen que ocupa en el espacio. Se calcula por medio de la Ecuación 2.

Ecuación 2. Densidad del extracto.

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

Fuente. USAQUÉN RAMÍREZ María José, ZAFRA AGUDELO María Alejandra. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLA DE MANGO A NIVEL LABORATORIO. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. 2018.

- **pH:** Factor que permite identificar si la sustancia a analizar es ácida o alcalina.

2.4 PROCESO DE EXPERIMENTACION

En primer lugar, se van a tener en cuenta dos factores para proceder al diseño experimental.

2.4.1 Objetivo experimental. Máximo rendimiento del aceite.

2.4.2 Variable respuesta. Rendimiento de la extracción en gramos.

2.4.3 Variables y niveles. Para la hipótesis de cómo afecta el rendimiento del extracto se tienen en cuenta dos variables, la primera es la clase de solvente y la segunda es la metodología de extracción.

- **Factor A:** Clase de solvente.
Hipótesis nula (H_0). $\alpha=0$: No existe efecto de cambiar la clase de solvente en el rendimiento de la extracción.

Hipótesis aceptada (H1). $\alpha \neq 0$: Existe efecto de cambiar la clase de solvente en el rendimiento de la extracción.

- **Factor B.** metodología de extracción.

Hipótesis nula (H₀). $\beta = 0$: No existe efecto de cambiar la metodología de extracción en el rendimiento de la extracción.

Hipótesis aceptada (H1). $\beta \neq 0$: Existe efecto de cambiar la metodología de extracción en el rendimiento de la extracción.

- **Interacción entre los dos factores AB.**

Hipótesis nula (H₀). $\alpha\beta = 0$: No existe efecto de la interacción entre la clase de solvente y la metodología de extracción en el rendimiento del aceite obtenido.

Hipótesis aceptada (H1). $\alpha\beta \neq 0$: Existe efecto de la interacción entre la clase de solvente y la metodología de extracción en el rendimiento del aceite obtenido.

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

En este capítulo se presentará el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto, iniciando con la descripción del acondicionamiento de la materia prima (semilla de açai) con su respectiva caracterización, continuando con la determinación de las condiciones adecuadas para extracción implementando las diferentes metodologías de extracción con sus respectivos rendimientos, finalizando con la caracterización del aceite obtenido.

3.1 ACONDICIONAMIENTO

Para el acondicionamiento de la materia prima se tienen en cuenta el procedimiento descrito en la figura 7. Se plantea una serie de procesos para lograr una caracterización adecuada con el fin de lograr una exitosa extracción de aceite, procesos que permiten aumentar el área de contacto entre el solvente y la materia prima, buscando un rendimiento que permita un adecuado análisis de resultados.

3.1.1 Recolección de la materia prima. los residuos orgánicos (semillas de açai) provenientes de la compañía Green and Inclusive Group S.A.S fueron recibidos directamente en las instalaciones de la empresa ubicada en el norte de Bogotá; al ser un residuo proveniente de la amazonia colombiana presenta trazas de tierra y algunas semillas descompuestas. Fueron trasladados a las instalaciones del Tecnoparque SENA en la localidad de chapinero de Bogotá, en total se recibieron alrededor de 13 Kg de material.

3.1.2 Proceso de limpieza del material recibido. una vez se dispone del material vegetal en las instalaciones del Tecnoparque SENA se procede a realizar un proceso de limpieza con abundante agua, con el objetivo de separar las semillas de açai de los otros residuos orgánicos que pueden alterar el producto final. Por otro lado, las semillas de açai ya limpias permiten evidenciar la forma esférica de estas como se muestra en la figura 8. El açai al ser un fruto que prolifera a condiciones de temperatura y humedad específicas experimenta una descomposición acelerada lo cual dificulta el tener el material vegetal en las mejores condiciones.

Figura 8. Semillas de açai.



Fuente: elaboración propia.

3.1.3 Molienda. en esta etapa del proceso se utiliza un molino mecánico de acero, el cual fractura las semillas de açai dejando al descubierto una coloración blanca en su interior y con una textura aceitosa. Este proceso permite aumentar el área de contacto entre el solvente y el material vegetal, colaborando con la buena extracción de oleorresinas presentes en la semilla.

3.1.4 Secado. como se describe en el numeral 3.2 se evidencia el procedimiento que se llevó a cabo para reducir la cantidad de humedad presente en la materia prima arrojando un resultado de 3,10% al final de la experimentación.

3.2 COMPOSICIÓN EXPERIMENTAL DE LA SEMILLA DE AÇAÍ

- **% de humedad:** Con el objetivo de evitar complicaciones al momento de realizar las extracciones, se requiere eliminar la humedad presente en la materia prima la cual se encuentra presente en la superficie el sólido. Para ello se utiliza una mufla para secar la materia prima, arrojando una curva de humedad residual. Los resultados de este procedimiento se tabulan en la tabla 13.

Tabla 13. Humedad de la semilla de açai con respecto al tiempo de secado.

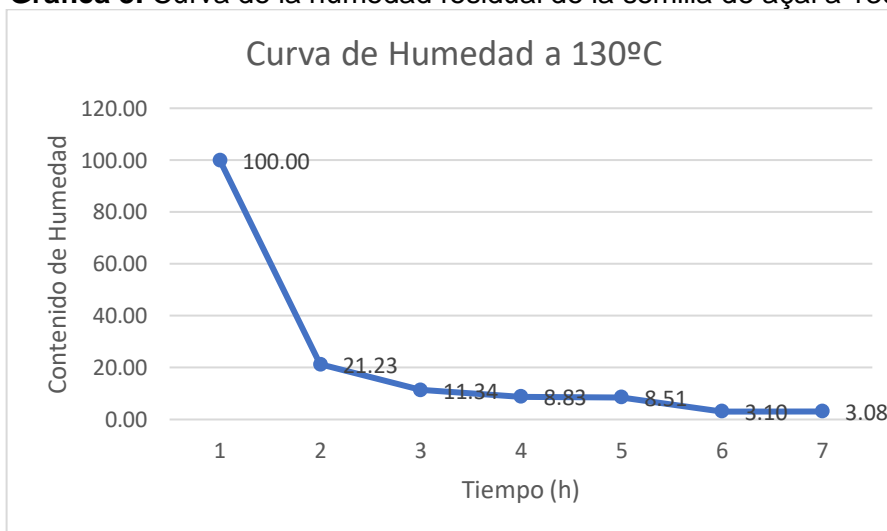
Tiempo (h)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Cambio de masa (g)	Humedad (%)
0	22,479	22,479	0	100,00
1	22,479	18,5423	3,9367	21,23
2	18,5423	16,654	1,8883	11,34
3	16,654	15,3027	1,3513	8,83
4	15,3027	14,1023	1,2004	8,51
5	14,1023	13,6786	0,4237	3,10
6	13,6786	13,6786	0	3,10

Fuente: elaboración propia.

Se tomaron intervalos de tiempo de 1 hora hasta observar que la masa final se estabilizara o fuese constante, arrojando un resultado de 3.10% de humedad, dato congruente con lo consultado bibliográficamente, y el cual permite realizar una adecuada extracción de aceite.

A continuación, se presenta la gráfica 3, donde se observa la curva de humedad residual obtenida de la semilla de açai.

Grafica 3. Curva de la humedad residual de la semilla de açai a 130°C.



Fuente: elaboración propia.

- **% de cenizas:** Con el objetivo de determinar la cantidad de sales presentes en la materia prima se incinera una cantidad de semilla de açai en una mufla a una temperatura de 530°C, se realizan las pruebas por triplicado para obtener datos más confiables. Los resultados obtenidos se evidencian en la tabla 14, arrojando un porcentaje de cenizas promedio de 5,4995%.

Tabla 14. Cantidad de materia orgánica promedio contenida en la semilla de açai

Numero de crisol	1	2	3
crisol vacío (g)	14,4658	22,3234	19,5989
Muestra (g)	5,0362	5,0285	5,0343
Crisol con muestra (g)	19,5020	27,3519	24,8288
Crisol con calcinado (g)	14,7356	22,6112	19,8706
Cenizas (%)	5,3572	5,7234	5,3970
Promedio			5,4925

Fuente: elaboración propia.

La importancia de la realización de esta prueba radica en el hecho de que contribuye a determinar las propiedades nutricionales de algunos alimentos, como lo es la cantidad de sales presentes en la materia de estudio, facilitando su caracterización.

- **Densidad.** La determinación de este parámetro permite caracterizar el material vegetal recibido como partícula.

Tabla 15. Densidad de la semilla de açai como partícula en un volumen de agua de 20ml

Muestra	Masa (g)	Volumen (ml)	Delta de volumen (ml)	Densidad (g/ml)
1	0,6812	20,9	0,9	0,7569
2	0,685	21,6	1,6	0,4281
3	0,5711	21,5	1,5	0,3807
4	0,5972	21	1	0,5972
5	0,6463	20,9	0,9	0,7181
6	0,6109	21,3	1,3	0,4699
7	0,5385	21,2	1,2	0,4488
8	0,5018	21,5	1,5	0,3345
9	0,428	20,08	0,08	5,3500
10	0,5698	21,7	1,7	0,3352
Promedio				0,9819

Fuente. elaboración propia.

En la tabla 15 se evidencian los resultados obtenidos de forma experimental de la densidad de la semilla de açai como partícula, dando como resultado promedio 0.9819 g/ml.

- **Higroscopicidad.** este parámetro representa la cantidad de humedad que puede llegar a absorber o retener las semillas de açai y se representa como un porcentaje. La higroscopicidad determinada fue de 18.28%, lo que indica que

puede llegar a tener tendencia a conglomerarse además de tener baja capacidad a retener humedad.

Tabla 16. Determinación de la higroscopicidad.

Muestra	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Delta de masa (g)	Absorción (%)
1	0,6812	0,7318	0,0506	7,4281
2	0,485	0,4981	0,0131	2,7010
3	0,5011	0,5015	0,0004	0,0798
4	0,5972	0,5981	0,0009	0,1507
5	0,6463	0,7725	0,1262	19,5265
6	0,6109	0,6373	0,0264	4,3215
7	0,5385	0,5884	0,0499	9,2665
8	0,5018	0,7584	0,2566	51,1359
9	0,428	0,7176	0,2896	67,6636
10	0,5698	0,6868	0,117	20,5335
Promedio				18,2807

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta la caracterización presentada en los ítems anteriores, y para tener más claridad de las características de las oleorresinas que se van a extraer, en las tablas 17 y 18 se presenta un resumen general de las propiedades del aceite, cabe resaltar que la información de la composición química del aceite proviene de fuentes bibliográficas y la composición física es realizada experimentalmente.

Tabla 17. Características químicas de las semillas de açai recolectadas bibliográficamente.

	Oleico	56,2
Ácidos Grasos (%)	Palmítico	24,1
	Linoleico	12,5
Aminoácidos (%)	Ácido aspártico	0,83
	Ácido glutámico	0,8
Esteroles (mg/g)	B-sitosterol	0,44
Antioxidantes	Vitamina E	-
Polifenoles (mg/g)	Proantocianidinas	12,89
	Antocianinas	3,19

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Características físicas de las semillas de açai recolectadas experimentalmente.

Humedad (%)	3,1
Cenizas (g)	5,4925
Densidad (g/ml)	0,9819
Higroscopicidad (%)	18,2807
Diámetro (mm)	9,292

Fuente. elaboración propia.

3.3 EXTRACCIONES

Durante el desarrollo de esta parte del proceso se efectúa un análisis de resultados del diseño de experimentos con el objetivo de evaluar el rendimiento de los procesos, además se realiza un análisis organoléptico del producto dado que así se logra evaluar la calidad del aceite. Al finalizar todas las pruebas, el producto final es una mezcla entre aceite y solvente, los cuales pasan a ser separados en un rotaevaporador con el objetivo de poder recuperar el solvente para reutilizarlo en posteriores extracciones. Posterior al proceso de separación, el producto final de cada extracción se pesa y se tabula en tabla 19. En donde se observa los resultados de cada extracción en gramos.

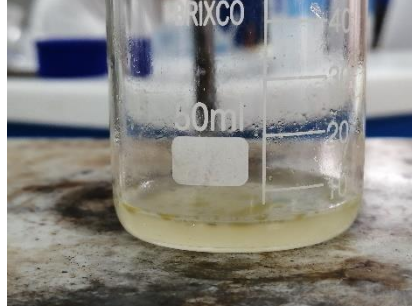
Tabla 19. Cantidad de extracto obtenido.

Solvente	Producto final (g)					
	Etanol			Isopropanol		
Arrastre de vapor	2,5876	2,7899	2,8788	1,1878	0,9780	1,0201
Hidrodestilación	0,0798	0,0867	0,0989	0,0837	0,0689	0,0908
Soxhlet	3,9879	3,3455	3,7866	5,6785	6,2111	5,8906

Fuente: elaboración propia.

3.3.1 Arrastre de Vapor: teniendo en cuenta que para este proceso se debe generar buen contacto entre la materia vegetal y el solvente, y para evitar limitaciones en el proceso se realiza una modificación al montaje, el cual permite realizar un reflujo asegurando un lavado más adecuado para la extracción. Una vez realizada la extracción, el producto final luce como se exhibe en la figura 9, presenta una coloración un poco amarillo y transparente, coloración que permaneció constante en los ensayos realizados, evidenciando bastante turbidez.

Figura 9. Aceite obtenido por medio de arrastre de vapor.

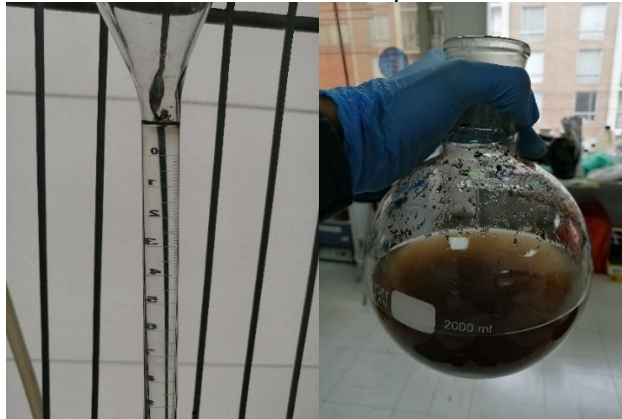


Fuente: elaboración propia.

3.3.2 Hidrodestilación asistida por microondas: una vez iniciado este proceso, se observa que la cantidad de extracto es considerablemente bajo como se reporta en la tabla 19. Esto se debe a que el calor generado proviene de microondas no permite tener un control adecuado de la temperatura del proceso por ende es posible que durante la extracción el material vegetal perdiera sus propiedades, dificultando la producción de aceite.

Al implementar este procedimiento se observa que no hay presencia del producto de interés en la trampa Clevenger como se evidencia en la figura 10 A, por otro lado, al finalizar el proceso la mezcla de material vegetal y solvente presenta una coloración café oscuro como se evidencia en la figura 10 B, el cual se mantuvo constante durante las demás experimentaciones.

Figura 10. A.) Trampa tipo Clevenger sin presencia de extracto. **B.)** balón del hidrodestilador después de la extracción.



Fuente: elaboración propia.

3.3.3 Extracción con solventes (Soxhlet): Implementando este procedimiento se evidencio que es el método que mejor se adecua a la separación de oleorresinas presentes en la materia prima, al efectuar los baños reiteradamente el solvente fue cambiando de color de transparente a una coloración tipo verde oscuro, la coloración del producto final se muestra en la figura 11, lo cual luce acorde a la coloración de los aceites vegetales.

Figura 11. Extracto de la extracción por método Soxhlet.



Fuente: elaboración propia.

Los rendimientos de las extracciones realizadas se calcularon según los datos reportados en la tabla 19, utilizando la ecuación 1, y evidenciados en la tabla 20.

Tabla 20. Rendimiento de las extracciones.

Solvente	Rendimiento (%)					
	Etanol			Isopropanol		
Arrastre de vapor	8,6253	9,2997	9,5960	3,9593	3,2600	3,4003
Hidrodestilación	0,26600	0,28927	0,32967	0,27930	0,22997	0,30277
Soxhlet	13,2930	11,1517	12,6220	18,9283	20,7037	19,6353

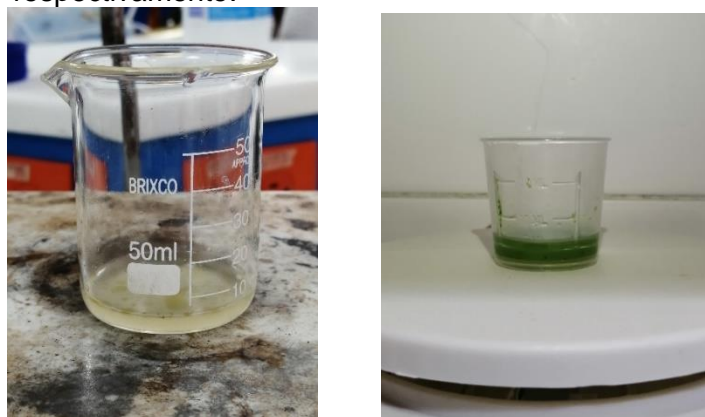
Fuente: elaboración propia.

En la tabla 20 se puede evidenciar que la prueba con la cual se logró obtener un mayor rendimiento es implementando el método de extracción con solventes (Soxhlet) utilizando isopropanol como solvente, reportando un porcentaje de recuperación de aproximadamente 19%, un resultado acorde a lo descrito por Ligia Inés Rodríguez y Lorena Hasbleidy Ramírez para la Universidad Jorge Tadeo Lozano en el documento denominado “Potencial de recuperación de aceite a partir de pulpa de asaí (Euterpe Oleracea Mart.) Producto del pacifico colombiano, en donde indican que, si se considera la semilla de açai como materia prima principal para la extracción de oleorresinas, se puede llegar a alcanzar porcentajes de recuperación de alrededor de 20%. Por otro lado, aunque existe una cantidad

considerable de aceite utilizando etanol como solvente, las características organolépticas son de menor calidad en comparación a las extracciones realizadas con isopropanol como se observa en la figura 12. El aceite obtenido con etanol presenta olor desagradable y una coloración amarillo – verdosa, caso contrario al aceite obtenido con isopropanol, presentando una coloración verdosa oscura característico de los aceites vegetales con un olor a açai casi imperceptible con trazas de solvente.

Aunque la metodología de arrastre de vapor presenta cantidades considerables de extracto, la calidad del producto final no presenta características agradables para su implementación en cosméticos.

Figura 12. Extractos obtenidos con etanol e isopropanol respectivamente.



Fuente: elaboración propia.

3.4 ANALISIS DE LA EXPERIMENTACION

Para el análisis de la experimentación se utilizó el programa Microsoft Excel con el cual se realizó el análisis de varianza presentado en la tabla 21.

Tabla 21. Análisis de Varianza

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>SC</i>	<i>G L</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico para F</i>	<i>Respuesta Ho</i>
Entre metodología de extracción	759,487521	2	379,743760	955,269563	3,885293835	Rechazo
Entre tipo de solvente	1,51753363	1	1,51753363	3,81745229	4,747225347	Acepto
Interacción	128,237463	2	64,1187317	161,294744	3,885293835	Rechazo
Dentro del tratamiento	4,77030285	12	0,39752523			
Total	894,012821	17				

Fuente: elaboración propia.

Al realizar un análisis del ANOVA se puede evidenciar que la metodología de extracción y la interacción entre los dos factores hay diferencia significativamente estadística ya que las F calculadas para cada factor son mayores al valor crítico para cada F, por lo cual afectan el rendimiento del aceite extraído, por otro lado, el tipo de solvente al tener una F menor al valor crítico para F no presenta diferencia significativamente estadística, por ende, no afecta el rendimiento de la extracción de aceite.

Se selecciona como mejor alternativa la extracción por solventes Soxhlet usando como solvente el isopropanol. La extracción Soxhlet presenta ventajas significativas con respecto a las otras metodologías ya que se emplea menos tiempo de operación, en cuanto al solvente seleccionado, aunque su valor comercial es más elevado que el etanol, los porcentajes de recuperación implementando isopropanol son superiores.

3.5 CARACTERIZACION DEL PRODUCTO FINAL

Esta etapa del proyecto tiene como fin conocer las propiedades fisicoquímicas que presenta el producto extraído, esto debido al requerimiento de obtener un aceite con buenas cualidades organolépticas que permitan su aplicación a las diferentes industrias que estén interesadas. Para esto se tienen presentes características que poseen otros extractos de origen vegetal presentados en el cuadro 4.

Cuadro 4. Características de diferentes aceites vegetales.

Parámetros de calidad	Aceite de oliva	aceite de girasol	aceite de soja	aceite de maní	aceite de olvida
Densidad (g/mL)	0,89 - 0,91	0,90 - 0,92	0,91 - 0,92	0,91	0,91 - 0,92
Punto de fusión (°C)	-5	-3	-4	-3	-4
Humedad (%)	0,42 - 0,55	0,24 - 0,36	0,20 - 0,33	0,21 - 0,31	0,20 - 0,30
Acidez (% ácidos grasos)	1,5 - 2,8	0,5 - 1	0,6 - 1,5	0,4 - 0,8	0,8 - 1,8
Índice de yodo(g/g)	50 -55	120 - 140	125 - 140	111 - 131	75 - 95
Índice de peróxido (meq. Oxígeno peróxido/g)	2 - 5	5 - 10	5 - 10	4 - 8	8 - 12

Fuente. SEGURA, B. Adriana R. Evaluación de proceso de extracción de aceite de semillas de Ahuyama (Cucúrbita máxima) a escala laboratorio para una posible aplicación en la industria de alimentos. Universidad de América.

3.5.1 Análisis sensorial. en esta parte de la experimentación se procede a determinar las características físicas del extracto obtenido, el análisis que se realiza es cualitativo y se lleva a cabo mediante el formato presentado en el anexo1, se seleccionó personal con conocimientos en el área de estudio y el sondeo final de los resultados se presenta en la tabla 22.

Tabla 22. Características sensoriales del extracto final.

Oleoresina de açai						
Fecha	No. de muestra					
Calificación	5	4	3	2	1	0
Textura			X			
Color		X				
Olor aparente			X			
Presenta olor a solvente			X			
Presenta olor agradable			X			

Fuente: elaboración propia.

La nomenclatura presentada para la valoración del aceite obtenido se califica de 0 a 5, siendo 5 la mejor apreciación y 0 la calificación más baja. En conclusión, la evaluación realizada indica que el extracto obtenido parece tener una textura viscosa líquida, de color un verde oscuro característico de los aceites vegetales, por otro lado, presenta un olor algo agradable debido al origen de la materia prima con trazas del solvente utilizado en el proceso.

3.5.2 Características generales del extracto obtenido. se procede a realizar los procedimientos descritos en numerales anteriores.

- **Densidad:** como se ha descrito anteriormente, este es un parámetro que depende de la temperatura a la cual se realiza el procedimiento, por ende, se debe especificar y reportar este parámetro. Como bien se sabe se toma un picnómetro de 25 mL en contacto con un termómetro que reporta una temperatura de 20.7°C. Cabe resaltar que, si la densidad de aceite determinada es mayor que la densidad del agua puede tener alteraciones por algún agente externo.²⁸ El procedimiento empleado y los resultados obtenidos se reportan en el anexo 2.

²⁸ LUI, Daniel. Emulsiones. Departamento Académico de Farmacotecnia y Administración Farmacéutica. [En línea]. Disponible en: http://www.digemid.minsa.gob.pe/UpLoad/UpLoaded/PDF/EURacMed/TrabSalud/ReuTec/RTM_Marzo_2009/5_DL_EMULSIONES.pdf [Consultado el Abril de 2020]

Tabla 23. Densidad experimental del aceite de semilla de açai.

Experimento	Densidad (g/mL)
1	0,9058
2	0,8916
3	0,9078
Promedio	0,9017

Fuente: elaboración propia.

Una vez determinada la densidad del extracto obtenido se tabula y promedia como se evidencia en la tabla 23, dado que el resultado promedio es de 0,9017 g/mL indica que no posee alteraciones por agentes externos. Al comparar los resultados obtenidos con otras investigaciones ya realizadas, el resultado es semejante a lo reportado por Ortega Romero Elizabeth, Jurado Teixeira Bertha, Ramos Llica Eva, Zamudio Malpatida Karin, Aparicio Aquise Elvira donde indican una densidad relativa de aceite de açai extraído por solventes de $0,906 \pm 0,0004$ g/mL, valores aceptables para aceites cosméticos de açai ya que se encuentran dentro del rango establecido (0,800 – 0,950 g/mL).

- **pH.** este parámetro se realiza según lo descrito en numerales anteriores, en donde se lleva a cabo por medio de un pH-metro, se procede a tomar varias mediciones para luego promediarlas, los resultados se reportan en la tabla 24.

Tabla 24. pH promedio del extracto obtenido.

Experimento	p-H
1	5,11
2	5,10
3	5,13
Promedio	5,11

Fuente: elaboración propia.

El valor obtenido de pH es 5,11, lo que indica que la muestra se encuentre en el rango ácido, dejando en evidencia la gran cantidad de ácidos grasos característicos en los aceites.

- **Índice de acidez.** Para este parámetro se realiza una titulación con NaOH sobre una muestra del extracto obtenido, los resultados obtenidos se evidencian en la tabla 25 y la metodología que se implementó esta descrita en el anexo 3.

Tabla 25. Resultados del índice de acidez de la semilla de açai.

Experimento	Índice de acidez (mg NaOH/g)
1	9,0532
2	9,0959
3	9,0566
Promedio	9,0686

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos fueron altos en comparación con extracciones realizadas por medio de otras metodologías como lo reporta Ortega Romero Elizabeth, Jurado Teixeira Bertha, Ramos Llica Eva, Zamudio Malpatida Karin, Aparicio Aquise Elvira en el documento denominado CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE Euterpe precatoria Mart. OBTENIDO POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN, donde indican que existe una variación importante con respecto a la metodología de extracción implementada debido al tiempo de contacto que mantuvo la materia prima con el solvente y la temperatura a la cual se realizó el proceso. Por otro lado, los valores obtenidos indican que el extracto cumple con el rango establecido para uso cosmético donde demuestran un índice de acidez máximo permisible de 10 mg KOH/g.

- **Índice de yodo.** Por medio de la titulación con tiosulfato de sodio se analiza la cantidad de instauración que posee el extracto obtenido. Los resultados son reportados en la tabla 26 y el procedimiento experimental se deja en manifiesto en el anexo 4.

Tabla 26. Resultado del índice de yodo para aceite de semilla de açai.

Ensayo	Índice de yodo (g I ₂ /100g)
1	135,42
2	136,12
3	135,89
Promedio	135,81

Fuente: elaboración propia.

Los valores de Yodo reportados se encuentran dentro del rango permitido para aceites de uso cosmético, los cuales son para índice de Yodo de 118 a 145 g I₂/100g según lo descrito por Ortega Romero Elizabeth, Jurado Teixeira Bertha, Ramos Llica Eva, Zamudio Malpatida Karin, Aparicio Aquise Elvira. Por otro lado, al realizar una comparación con los valores reportados para otra clase de aceites como se muestra

en el cuadro 4, el valor de índice de yodo es superior a los demás, lo que indica que posee mayor cantidad de ácidos grasos saturados.

- **Índice de peróxido.** Este parámetro permite identificar la rancidez oxidativa de una muestra de aceite y se define como los miligramos de oxígeno requeridos para oxidar 1 gramo de aceite. El procedimiento se describe en el anexo 5 y los resultados son reportados en la tabla 27.

Tabla 27. Resultado del índice de peróxido para aceite de semilla de açai

Experimento	Índice de peróxido
1	4,286
2	4,371
3	4,277
Promedio	4,311

Fuente: elaboración propia.

El índice de peróxido promedio reportado es de 4,311 meq O₂/Kg de aceite, comparándolo con otras investigaciones realizadas es semejante siendo este valor un poco más elevado, lo que indica que el aceite no es apto para utilizarse con fines alimenticios, no obstante, se puede implementar para usos cosméticos ya que el valor máximo permisible para este indicador es de 5 meq O₂/Kg de aceite.

- **Índice de saponificación.** Este parámetro se define como la cantidad de hidróxido de potasio (KOH) que se requiere para saponificar un aceite, el resultado obtenido y el peso molecular de la muestra deben ser similares. La metodología implementada se describe en el anexo 6 y los resultados son reportados en la tabla 28.

Tabla 28. Resultado del índice de saponificación para aceite de semilla de açai

Experimento	Saponificación (KOH/g)
1	242,7728
2	252,5903
3	245,1570
Promedio	246,8400

Fuente: elaboración propia.

El índice de saponificación promedio reportado es de 246,84 mg de KOH/g, aunque es un valor superior a la norma técnica colombiana para aceites y grasas de origen

animal y vegetal, no obstante, el valor es acorde con otras investigaciones realizadas acerca de este fruto.

A continuación, se presentan los resultados reportados por Ortega Romero Elizabeth, Jurado Teixeira Bertha, Ramos Llica Eva, Zamudio Malpatida Karin, Aparicio Aquis Elvira, en el documento denominado CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE Euterpe precatoria Mart. OBTENIDO POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN.

Cuadro 5. Características fisicoquímicas de los aceites obtenidos por diferentes métodos de extracción.

Parámetros	prensado	enzimático	solvente
Índice de refracción a 20°C	1,4689±0,0002	1,4687± 0,0006	1,4660±0,001
Densidad relativa a 22°C	0,915±0,0001	0,916± 0,0002	0,906±0,0004
Índice de acidez (mg de KOH/g)	5,14±0,29	4,91±0,34	9,08±0,62
Índice de peróxidos (meqO ₂ / Kg)	2,08±0,09	3,16±0,02	4,25±0,01
Índice de saponificación (mg de KOH/g)	265,39±0,02	285,46±0,09	250,49±0,16
Índice de yodo (g yodo /100 g método de Wijs)	133,561±0,003	138,523±0,021	136,563±0,017

*Las evaluaciones se realizaron por triplicado ± desviación estándar.

Fuente: ORTEGA ROMERO Elizabeth Consuelo, Obtención del aceite vegetal de Euterpe precatoria Mart. (Asaí) por diferentes métodos de extracción: evaluación del rendimiento y calidad (características fisicoquímicas, actividad antioxidante y estabilidad). UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. Lima-Perú. 2015.

4. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL PROCESO SELECCIONADO

En este capítulo se presentarán por detallado los equipos que se logran emplear en el proceso para la extracción de oleorresinas de la semilla de açai a escala industrial, basándose en la cantidad de residuos que se producen en la compañía, se propone un diagrama general del proceso establecido basándose en la metodología seleccionada en capítulos anteriores, se realiza un balance de masa el cual brinda las capacidades necesarias de los equipos a utilizar.

Green and Inclusive Group SAS dispone de dos estaciones anuales para el procesamiento de fruto de açai debido a la temporada de cosecha, teniendo en cuenta la cercanía de la planta con los cultivos del fruto, y la cantidad de materia disponible se decide realizar el procesamiento por lotes.

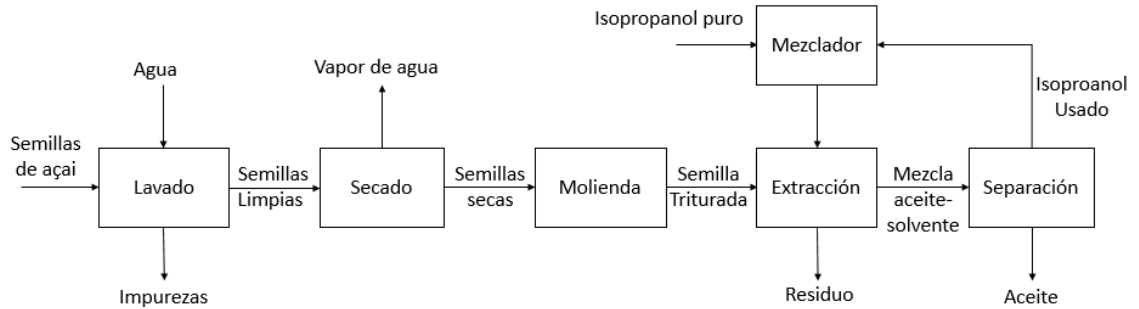
4.1 DESCRIPCION DEL PROCESO

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de las experimentaciones realizadas por la metodología seleccionada para la extracción de aceite de semilla de açai, se presentan las siguientes etapas:

- 1.** Proceso de acondicionamiento.
 - Lavado.
 - Molienda.
 - Secado.
- 2.** Extracción de aceite de semilla de açai.
- 3.** Separación del aceite del solvente.
 - Destilación simple.
 - Recuperación del solvente.

Conseguidamente en la figura 13 se muestra de manera general el diagrama de bloques del proceso de la extracción planteado.

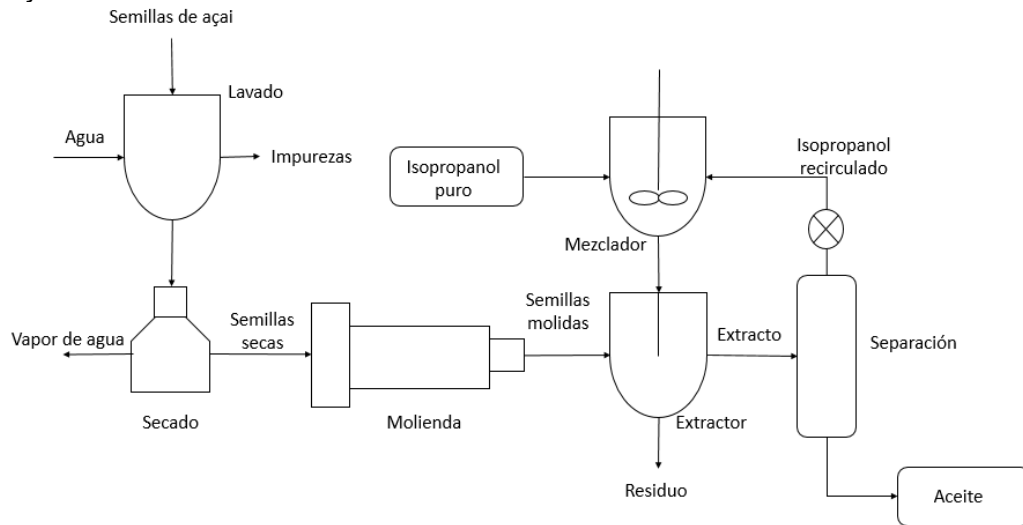
Figura 13. Diagrama de bloques del proceso.



Fuente: elaboración propia.

De tal forma que se realiza el diagrama de flujo de procesos PFD siguiendo la estandarización internacional ISO 10628, en el cual se describe la simbología requerida para este tipo de diagramas.

Figura 14. Diagrama de flujo de proceso para la obtención de aceite de semillas de açai.



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se realiza una descripción de cada una de las operaciones unitarias empleadas.

4.1.1 Acondicionamiento de la materia prima. esta parte del proceso está constituida por tres operaciones unitarias básicas las cuales son el lavado, secado y la molienda, con el objetivo de obtener una materia prima apta para la posterior extracción, la operación de lavado permite eliminar impurezas presentes en la materia prima como tierra, frutos abortados, cascaras y demás contaminantes; el secado permite eliminar la humedad con el fin de interrumpir el proceso de degradación que presenta la materia prima evitando la proliferación de microorganismos; la molienda es parte fundamental del proceso ya que permite aumentar la superficie de contacto con el solvente.

4.1.2 Proceso de extracción. ya con la materia prima en óptimas condiciones, se procede a realizar la extracción de aceite el cual requiere de la implementación de isopropanol como solvente.

4.1.3 Proceso de separación. una vez realizada la extracción el resultado final es una mezcla homogénea entre aceite y solvente, la cual va a ser sometida a un proceso de separación simple en donde se obtienen los dos líquidos por separado.

4.1.4 Recirculación del solvente. esta parte del proceso permite recuperar el solvente empleado en la extracción para ser reutilizado y hacer el proceso más rentable, formando una mezcla de 50% de isopropanol puro y 50% de isopropanol ya utilizado.

4.2 BALANCES DE MASA DEL PROCESO.

Como parte fundamental del proyecto se procede a realizar el balance de masa de cada una de las operaciones unitarias con el objetivo de evidenciar las cantidades de materia empleada en el proceso.

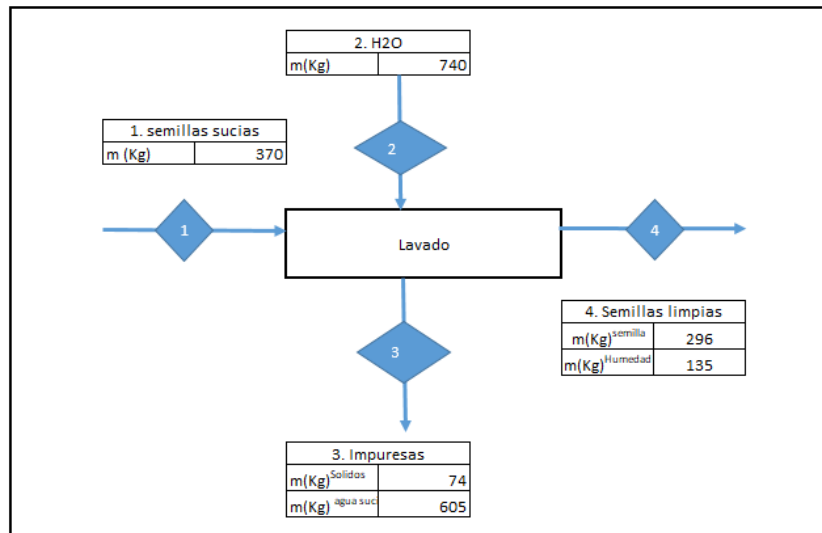
4.2.1 Lavado.

Tabla 29. Balance de masa para el proceso de lavado.

Lavado			
Corriente	Componente	Cantidad (Kg)	Total
1	Semillas sucias	370	370
2	Agua	740	740
3	Solidos	74	679
	Agua sucia	605	
4	Semillas limpias	296	431
	Agua	135	

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Diagrama del balance de masa del proceso de lavado.



Fuente: elaboración propia.

NOTA: Se tuvo en cuenta el porcentaje de higroscopicidad calculado para las semillas de açai.

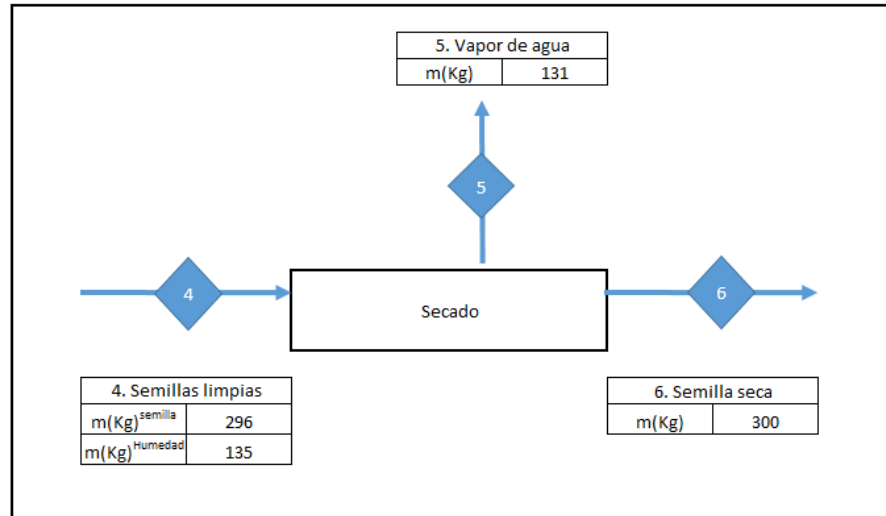
4.2.2 Secado.

Tabla 30. Balance de masa del proceso de secado.

Secado			
Corriente	Componente	Cantidad (Kg)	Total (Kg)
4	Semillas limpias	296	431
	Agua	135	
5	Vapor de agua	131	131
6	Semillas secas	300	300

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Diagrama del balance de masa del proceso de secado.



Fuente. elaboración propia

NOTA: Se tuvo en cuenta el porcentaje de humedad calculado para las semillas de açai.

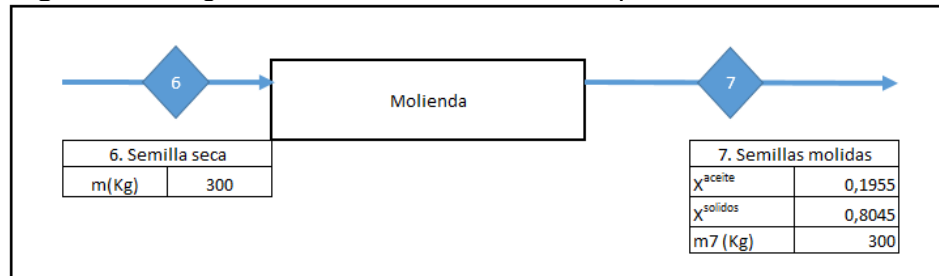
4.2.3 Molienda.

Tabla 31. Balance de masa del proceso de molienda.

Molienda			
Corriente	Componente	Cantidad (Kg)	Total (Kg)
6	Semilla seca	300	300

Fuente. elaboración propia.

Figura 17. Diagrama del balance de masa del proceso de molienda.



Fuente. elaboración propia

NOTA: Se hace la suposición de que no hay pérdidas por efectos de la molienda.

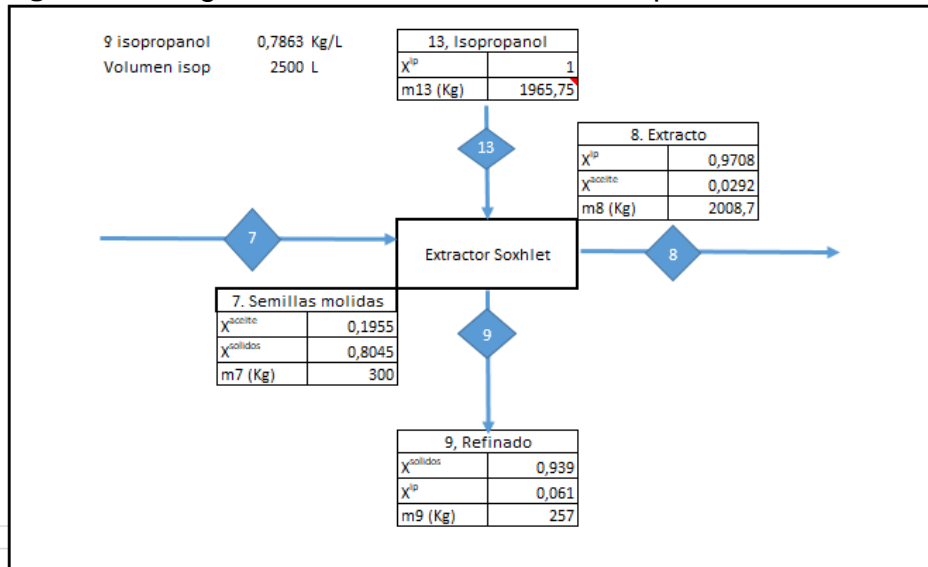
4.2.4 Extracción.

Tabla 32. Balance de masa del proceso de extracción.

Extracción		
Corriente	Componente	Cantidad (Kg)
7	Semillas molidas	300
8	Extracto	2009
9	Refinado	257
13	Solvente	1966

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Diagrama del balance de masa del proceso de extracción.



Fuente: elaboración propia.

4.2.5 Recuperación del solvente.

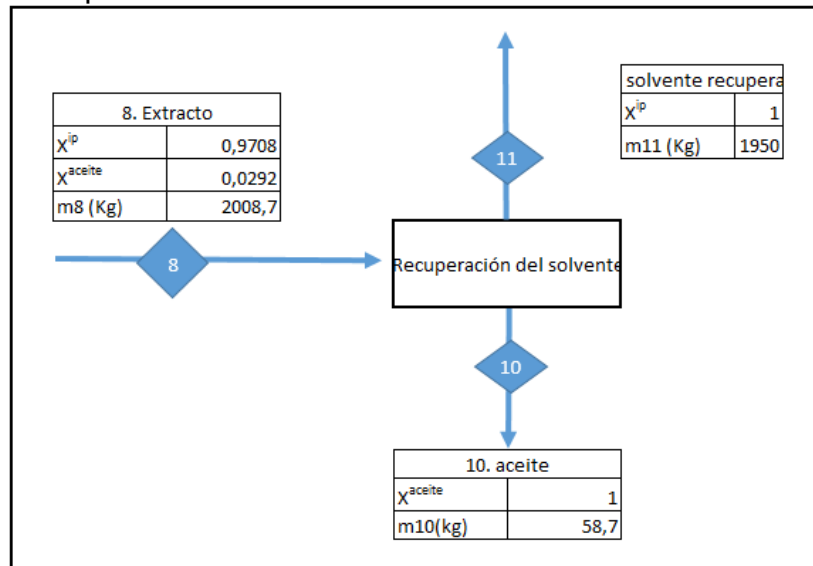
Tabla 33. Balance de masa del proceso de recuperación del solvente.

Recuperación		
Corriente	Componente	Cantidad (Kg)
8	Extracto	2008,7
10	Aceite	58,7
11	Solvente recuperado	1950

Fuente: elaboración propia.

NOTA: Al hacer uso de isopropanol para la producción de productos cosméticos la compañía se acogerá a todas las disposiciones legales y reglamentarias expedidas por las autoridades competentes que reglamenten o restrinjan el uso de este solvente al ser una sustancia controlada por estupefacientes.

Figura 19. Diagrama del balance de masa del proceso de recuperación del solvente.



Fuente: elaboración propia.

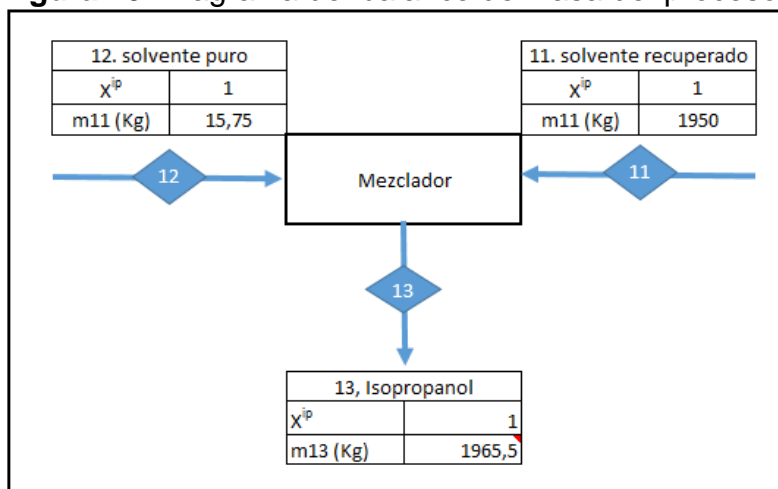
4.2.6 Mezclador.

Tabla 34. Balance de masa del proceso de mezclado.

Mezclado		
Corriente	Componente	Cantidad (Kg)
11	Solvente recuperado	1950
12	Solvente puro	15,75
13	Isopropanol	1965,75

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Diagrama del balance de masa del proceso de mezclado.



Fuente: elaboración propia.

4.3 EQUIPOS

Para la escogencia de los equipos y teniendo en cuenta la cantidad de residuos que genera la compañía, se obtiene el siguiente cuadro con las cantidades disponibles de materia para la elaboración del producto:

Tabla 35. Cantidad de material prima.

Tiempo (días)	Cantidad semillas (Kg)
1	370

Fuente. elaboración propia.

Los parámetros utilizados para el escalamiento y dimensionamiento de la planta se basan en la cantidad de producto disponible por la compañía para la obtención del aceite, capacidad de operación y disponibilidad de los equipos, teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado el dimensionamiento de estos se relaciona en la tabla 36.

No de operarios: 4

Días de procesamiento: 1 semana

Estos parámetros son los disponibles por la compañía para la elaboración del producto.

4.3.1 Selección de los equipos. para la selección de los equipos se realiza una tabla de comparación en donde se tienen en cuenta:

- La capacidad del equipo.
- Materiales en los que está fabricado.
- Especificaciones técnicas.

cada uno como se muestra en la tabla 36.

Tabla 36. Tabla de selección de equipos.

EQUIPO	CAPACIDAD REQUERIDA	CAPACIDAD EQUIPO	MATERIAL	MARCA	ESPECIFICACIONES TECNICAS
Horno Deshidratador	300 Kg	160 Litros de producto	Acero inoxidable	Cabela's	Dimensiones externas: 45.72 cm de largo, por 38.1 cm de ancho y 41.91 cm de alto.
					Voltaje: 110/120 volts
					Rango de temperatura: 32°C a 68° C
					Diseñado con reloj analógico de 12 horas.
					Posee un espacio de 16 pies cuadrados
					Cada bandeja es de 16 pulgadas de largo por 14 y media pulgadas de ancho / 40,64 cm x 36,83 cm
					Sistema de circulación de aire de 360 grados
					calentador de 1.600 vatios, 1.6Kwh
					24 LEDs de alta intensidad le permiten ver el interior de la maquina
					Incluye 24 bastidores extraíbles
Lavadora industrial	370Kg	500Kg/h	Acero Inoxidable	Gelgoog ref. GGS-30	Pesa 112 libras
					110 voltios
					Hasta 24 horas de trabajo continuo.
					Dimensiones: 23"L (58.42 cm) x 19.875"W (47.92 cm) x 39.5"H (100 cm)
					Control aut. De temperatura
					Termostato de seguridad.
					Equipado con tres bandejas en lámina perforada inoxidable
					Sistema de circulación de aire caliente en la cámara
					Dimensiones : 100 x 80 x 60 cm
					Interior Elaborado en acero inoxidable
10 bandejas					
Peso: 260Kg.					
Velocidad del husillo: 960 r/min					
Dimensiones: 1.5m*0,48m*1,34m					

					Peso: 500Kg					
		1000Kg/h		Gelgoog ref. GGS-40	Velocidad del husillo: 750 r/min					
					Dimensiones: 1,88m*0,78m*0,71m					
		2000Kg/h		Gelgoog ref. GGS-50	Peso: 900 Kg,					
					Velocidad del husillo: 600r/min					
					Dimisiones: 2,4m*0,9m*0,71m					
Molino de martillos	300Kg	200 Kg. / hora Aprox.	Acero inoxidable 304	COMEK	Montada sobre sólida estructura en ángulo Coll Rold					
					Revestido con pintura horneable (inoxidable)					
					Motor: Monofásico de 1 h.p. a 110 Volt (Siemens)					
					Cribas: Incluye tres Cribas o tamices de diferente Diámetro de agujeros para usos múltiples					
					Dimensiones: Ancho total: 850 mm -Largo total: 1,000 mm - Altura total: 1,500 mm					
					Altura de carga: 1,450 mm - Altura de descarga: 650 mm					
					Portamartillos sobre eje de acero inoxidable con chumaceras embaladas					
					Criba intercambiable con perforaciones					
					20 martillos sólidos con cojinete plástico					
					Tolva de carga con compuerta dosificadora manual					
					Transmisión con motor de 5 HP, trifásico,					
					220/440 V, poleas y bandas					
El rendimiento puede variar debido a factores como: potencia del molino, granulometría del producto y grado de humedad del grano	300Kg	Capacidad variable (dependiendo del producto a manejar)	Construido en acero inoxidable 304 con estructura en perfil tubular de acero inoxidable 304	Maquinaria JERSA	martillos móviles con cuatro vidas de trabajo					
					zarandas con agujeros de 0,8mm, 1,5mm 3mm, 5mm, 10mm					
					Caballete					
					Base para motor eléctrico					
					Rotor con martillos fijos					
					64L	120L			JF Maquinas	
	figmay	Balón o vaso evaporador de vidrio borosilicato 3.3, con boca de carga.								

Extractor Soxhlet Industrial	110 mL	-	Borosilicato 3.3 y acero inoxidable	Soxtec™ 8000	Balón o vaso colector de vidrio borosilicato 3.3, con canasto de acero inoxidable y válvula de descarga.
					Sistema calefactor eléctrico de velas de cuarzo
					Columna de destilación y refrigerante en bajada de vidrio borosilicato 3.3, con tomas de temperatura.
					Bomba centrífuga para transportar el disolvente en los distintos ciclos.
					Sistema de lectura de nivel por célula fotoeléctrica.
					Tablero de comando electrónico el cual permite leer la temperatura en un display digital.
					Bomba de Vacío.
					Mantocalefactor eléctrico con regulador de temperatura, e indicador de encendido.
					Cámara de Extracción de vidrio borosilicato 3.3, con válvula de descarga.
					Sistema de sifón automático de vidrio borosilicato 3.3, con pared reforzada.
Destilador	100L	120L	Acero inoxidable sus304 o 316	figmay	Condensador tipo Allihn de vidrio borosilicato 3.3, con entrada y salida de roscas.
					Montado sobre estructura autoportante de acero pintada en epoxi.
					Preparado para trabajar a presión atmosférica o reducida.
					Tiempo de extracción: 45-60min
					Capacidad diaria: 84 muestras
					Rango de temperatura: 0-285°C
					Tiempo de calentamiento: 20-285°C en 5 min
					Consumo eléctrico: 1800 W
					Dimensiones (cm): 64*35*63
					Peso de extracción: 35 Kg
Destilador	100L	120L	Acero inoxidable sus304 o 316	Better-Industry	Generador de agua caliente de 10KW
					Condensación de condensador: 0,72m2
					Bomba de vacío de poder: 1,5 KW
					Dimensiones: 2700*1500*2200
Destilador	100L	120L	Acero inoxidable sus304 o 316	figmay	Peso: 300Kg
					Vaso reactor de 120L

Borosilicato 3.3 y acero inoxidable	Vaso colector de 120L
	Sistema de calefacción.
	Sistema de agitación.
	Motor agitador eléctrico o neumático
	Eje de aluminio recubierto en PTFE
	Paletas de alta eficiencia
	RPM regulables
	Velas de cuarzo en el seno del líquido. Compuestas por resistencia eléctrica y tubo de cuarzo
	Mantocalefactor
	Baño María
	Baño Termostático (para Vaso Doble Camisa)
Temperatura autoregulable	

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta la información presentada en la tabla 37, según los requerimientos técnicos del proceso y las especificaciones de cada equipo se seleccionan los siguientes equipos para cada operación unitaria:

- **Lavado:** Lavadora industrial marca Gelgoog ref. GGS-30.
- **Secado:** Horno deshidratador marca COMEK.
- **Molienda:** Molino de martillos marca COMEK.
- **Extracción:** Extractor Soxhlet industrial marca FIGMAY.
- **Separación:** Destilador marca FIGMAY.

4.3.1 Lavado. Se propone que este procedimiento se realice el día después de que la empresa lleve a cabo el proceso de despulpado para obtener las semillas de açai en mejores condiciones, teniendo en cuenta la capacidad de la lavadora, se va a operar por un periodo de 4 horas contemplando que las semillas queden libres de impurezas. Para esta operación se propone un lavador de semillas común como se evidencia en la figura 21.

Figura 21. Lavadora de semillas.



Fuente: Alibaba. Consultado el 25 de abril de 2020. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/oat-milling-washing-machine-pear-barley-seed-washer-machine-sesame-cleaning-machine-price-60168108410.html>

4.3.2 Secado. Para este procedimiento se plantea disponer de un horno deshidratador común con capacidad para secar altas cantidades de materia como se evidencia en la figura 22; este procedimiento dura 24 h para asegurar que el material vegetal este con la cantidad de humedad adecuada para la extracción. Este equipo cuenta con 10 bandejas, sus dimensiones son 80x60cm y genera un consumo de 15kW/h.

Figura 22. Horno deshidratador.



Fuente: COMEK, Consultado en abril de 2020. Disponible en: <https://www.comek.com.co/index.php/productos/equipospara-frutas/horno-deshidratador-.html>

4.3.3 Molienda. Una vez se obtenga el material vegetal ya seco, se dispone de inmediato a realizar el proceso de molienda el cual se propone emplear un molino de martillos con capacidad de procesar 200Kg/h como se muestra en la figura 22. Está fabricado en acero inoxidable, contiene un motor con capacidad de 1hp y 110V, al ingresar el material por la tolva se debe tener cuidado con el flujo.

Figura 23. Molino de martillos.



Fuente: COMEK, Consultado en abril de 2020. Disponible en: <https://www.comek.com.co/index.php/productos/equipos-para-frutas/molino-de-martillos-.html>

4.3.4 Extracción. Ya con la materia prima debidamente acondicionada se procede a llevar a cabo la extracción el cual se va a realizar en los últimos dos días de operación de la planta, dado que el proceso tiene una duración de 4 horas, se propone realizar 2 lotes de extracción por día. El equipo que se plantea para esta operación es un extractor soxhlet industrial utilizando el isopropanol como solvente puesto que es el que se seleccionó anteriormente.

Figura 24. Extractor soxhlet.



Fuente: FIGMAY, Consultado en abril de 2020. Disponible en: <https://figmay.com/extractor-soxhlet/>

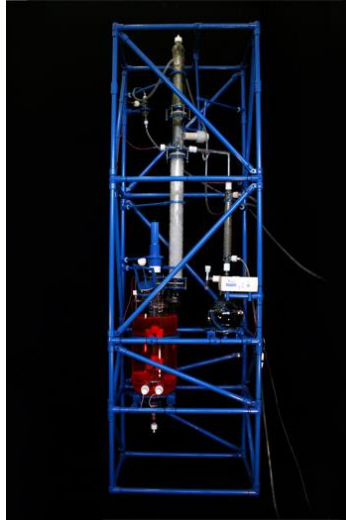
Este equipo consta de:

- Balón o vaso evaporador de vidrio borosilicato 3.3, con boca de carga.
- Balón o vaso colector de vidrio borosilicato 3.3, con canasto de acero inoxidable y válvula de descarga.
- Sistema calefactor eléctrico de velas de cuarzo
- Columna de destilación y refrigerante en bajada de vidrio borosilicato 3.3, con tomas de temperatura.
- Bomba centrífuga para transportar el disolvente en los distintos ciclos.
- Sistema de lectura de nivel por célula fotoeléctrica.
- Tablero de comando electrónico el cual permite leer la temperatura en un display digital.
- Bomba de Vacío.
- Mantocalefactor eléctrico con regulador de temperatura, e indicador de encendido.
- Cámara de Extracción de vidrio borosilicato 3.3, con válvula de descarga.
- Sistema de sifón automático de vidrio borosilicato 3.3, con pared reforzada.
- Condensador tipo Allihn de vidrio borosilicato 3.3, con entrada y salida de roscas.
- Montado sobre estructura autoportante de acero pintada en epoxi.
- Preparado para trabajar a presión atmosférica o reducida.²⁹

4.3.5 Separacion. El proceso de separación lleva lugar justo después de finalizado el proceso de extracción, por lo cual se llevará a cabo en los últimos días de operación. El equipo que se propone a utilizar es una columna de destilación simple con capacidad suficiente para separar altas cantidades de extracto.

²⁹ Figma. Extractor Soxhlet. [En línea]. Consultado en abril 2020 Disponible en: <https://figma.com/extractor-soxhlet/>

Figura 25Columna de destilación.



Fuente: FIGMAY, Consultado en abril de 2020.
Disponible en: <https://figmay.com/columna-de-destilacion/>

El equipo consta de:

- Vaso reactor de 120L
- Vaso colector de 120L
- Sistema de calefacción.
- Sistema de agitación.

5. ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCION

Por medio del siguiente análisis se permite conocer los costos involucrados en la producción de aceite de açai a nivel industrial. Se tienen en cuenta los costos de adquisición de los equipos que involucran los procesos más importantes como lo son la extracción del aceite y la separación del extracto.

5.1 COSTOS DE LOS EQUIPOS

Como se dejó estipulado en el capítulo anterior, los equipos requeridos son altamente específicos, razón por la cual se cotizaron por medio de diferentes páginas web de fabricantes y distribuidores tanto a nivel nacional como internacional.

Tabla 37. Cotización de equipos.

Equipo	Costo (COP)
Extractor Soxhlet Industrial	\$ 76.269.570
Lavadora Industrial	\$ 8.000.000
Horno	\$ 8.900.000
Molino	\$ 7.900.000
Destilador	\$ 80.700.000
Total	\$ 181.769.570

Fuente: elaboración propia.

Obteniendo como valor total de inversión inicial para los equipos de \$181'769.570 COP.

5.2 CONSUMO ENERGETICO

Partiendo del hecho de que el material vegetal es propio de la empresa no se tendrá en cuenta su costo de adquisición, por otro lado, la materia prima es un costo fijo y se evidencia en la tabla 38.

Tabla 38. Costo de la materia prima.

Materia prima	Costo (COP/L)
Isopropanol	\$ 68.000

Fuente: elaboración propia.

- **Lavado.** Como se mencionó en capítulos anteriores, esta operación se llevará a cabo por medio de una lavadora industrial, Según sus especificaciones técnicas,

esta lavadora produce un gasto energético de 3,4Kw/h, y teniendo en cuenta que va a operar 4h se tiene que:

$$3.400 W * 4h = 13.600W$$

$$13.600 W * \frac{\$533,2 \frac{COP}{kWh}}{1.000W} = \$7.251 \frac{COP}{kWdia}$$

Una vez determinado el valor de la operación de la lavadora durante un periodo de tiempo, se procede a determinar el valor de operación de esta durante un mes de operación, teniendo en cuenta que este proceso se va a realizar solo una vez por semana durante cuatro semanas (1mes), tenemos que:

$$\$7.251 \frac{COP}{kWdia} * \frac{4 \text{ dias}}{1 \text{ mes de operacion}} = \$29.004 \frac{COP}{mes}$$

- **Secado.** Como se dejó estipulado en el capítulo anterior, esta operación se llevará a cabo por medio de un horno deshidratador, este operara 3 veces por semana durante 24 horas, por ende, se tiene que:

$$15.000 W * 24h = 360.000Wh$$

$$360.000 Wh * \frac{\$533,2 \frac{COP}{kWh}}{1.000Wh} = \$191.952 \frac{COP}{kWdia}$$

Una vez determinado el valor de la operación del horno durante un periodo de tiempo, se procede a determinar el valor de operación de este durante un mes de operación, teniendo en cuenta que este proceso se va a realizar 3 días por semana durante cuatro semanas (1mes), tenemos que:

$$\$191.952 \frac{COP}{kWdia} * \frac{12 \text{ dias}}{1 \text{ mes de operacion}} = \$2'303.424 \frac{COP}{mes}$$

- **Molienda.** Esta operación se lleva a cabo por medio de un martillo de bolas, esta tiene un tiempo de duración de 1 hora durante 4 días de la semana, según las especificaciones técnicas del equipo se tiene que:

$$745,7 W * 1 \frac{h}{dia} = 745,7 \frac{Wh}{dia}$$

$$745,7 \frac{Wh}{dia} * \frac{\$533,2 \frac{COP}{kWh}}{1.000Wh} = \$397,61 \frac{COP}{kWdia}$$

Una vez determinado el valor de la operación del molino durante un periodo de tiempo, se procede a determinar el valor de operación de este durante un mes de operación, teniendo en cuenta que este proceso se va a realizar 4 días de la semana durante 4 semanas (1mes), lo que indica que serán 16 días de operación, tenemos que:

$$\$397,61 \frac{COP}{kWdia} * \frac{16 \text{ dias}}{1 \text{ mes de operacion}} = \$6.361,76 \frac{COP}{mes}$$

- **Extracción.** Este proceso tiene cabida en los dos últimos días de operación de la planta, en donde en cada día se realizan 2 extracciones las cuales duraran 4 horas cada una, teniendo las especificaciones técnicas del equipo se tiene que:

$$7.500 W * 4h = 30.000Wh$$

$$30.000 Wh * \frac{\$533,2 \frac{COP}{kWh}}{1.000Wh} = \$15.996 \frac{COP}{kWdia}$$

Una vez determinado el valor de la operación del extractor durante un periodo de tiempo, se procede a determinar el valor de operación de esta durante un mes de operación, teniendo en cuenta que este proceso se va a realizar 2 días por semana durante cuatro semanas (1mes), tenemos que:

$$\$15.996 \frac{COP}{kWdia} * \frac{8 \text{ dias}}{1 \text{ mes de operacion}} = \$127.968 \frac{COP}{mes}$$

- **Separación.** Teniendo en cuenta que esta operación es consiguiente a la extracción, de igual manera se va a realizar dos veces por semana durante dos horas, por ende, se tiene que:

$$8.800 W * 2h = 17.600 Wh$$

$$17.600 Wh * \frac{\$533,2 \frac{COP}{kWh}}{1.000Wh} = \$9.384,3 \frac{COP}{kWdia}$$

Una vez determinado el valor de la operación del separador durante un periodo de tiempo, se procede a determinar el valor de operación de este durante un mes de

operación, teniendo en cuenta que este proceso se va a realizar 2 días por semana durante cuatro semanas (1 mes), tenemos que:

$$\$9.384,3 \frac{\text{COP}}{\text{kWdia}} * \frac{8 \text{ dias}}{1 \text{ mes de operacion}} = \$75.075 \frac{\text{COP}}{\text{mes}}$$

5.3 GASTOS ADICIONALES

Conforme al gasto generado por cada equipo, se hace necesario cuantificar otros gastos adicionales como lo son el agua del lavado, la cantidad de solvente utilizado para cada extracción como la mano de obra por operario.

- **Agua del lavado.** Teniendo en cuenta la cantidad de materia prima que se necesita lavar, se hace necesario utilizar alrededor de 740L de agua por cada 370 Kg de material. Según el Acueducto de Bogotá³⁰, el costo del agua por metro cubico para el año 2020 es de \$3.710 COP/m³, por ende tenemos que:

$$740L \frac{1m3}{1000L} * \frac{3.710 \text{ COP}}{m3} = \$2.745 \text{ COP}$$

- **Isopropanol para la extracción.** Después de realizado el proceso de acondicionamiento, la totalidad de semillas a procesar es de 300Kg, partiendo de los datos recopilados durante la experimentación se dispone a utilizar 2500L de solvente, por ende, el valor comercial de este consultado en páginas web es de \$68.000 COP/L, se tiene que:

$$2500L * \$68.000 \frac{\text{COP}}{\text{L}} = \$170.000.000 \text{ COP}$$

- **Mano de obra.** Para la operación de la planta se asume que se requieren 4 operarios, a los cuales se les realizara el pago del salario mínimo legal vigente para el año en curso además de todas las prestaciones de ley según el ministerio de trabajo.

³⁰ Acueducto de Bogotá. [En línea]. Consultado en Abril 2020 Disponible en: https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/inicio!/ut/p/z1/hY5BC4JAEIV_iwevzrRLYt22DoJEshJkewm1TQ11ZV3177fQKdjowRzmzfeGBwJyEEOxtHVhWjUUnd1vIryH_libCMkZeYbl-S6IMb2QOKFw_Qcle8YfYmjzwoEwPGTkQBHjIDiBrx8JiLpT5acuG0oa1SC0fEotdTbrazfGjNPeRx_XdQ2KapaPuTlqqFRvx0dXsFGTgdzFw9jn-Np2y4I53hvtB_OW/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/

Tabla 39 Gastos de mano de obra mensual.

Concepto	Costo (\$COP)
Salario	\$ 877.803
Vacaciones	\$ 215.793
Cesantías	\$ 482.156
Interés a la cesantía	\$ 28.447
Prima de servicios	\$ 465.812
Subsidio de transporte	\$ 102.854
Pensión	\$ 35.112
Dotación	\$ 70.000
ARL	\$ 35.112
TOTAL	\$ 2.313.089
Total 4 operarios	\$ 9.252.356

Fuente: elaboración propia.

5.4 COSTOS DE UN MES DE OPERACIÓN

A continuación, se muestran los datos estimados por concepto de costo y su valor calculado mensual.

Tabla 40. Gastos mensuales de operación para una planta de extracción de aceite de semilla de açai.

OPERACIÓN	CONCEPTO	COSTO (\$COP)
Lavado	Energía	\$ 29.004
Secado	Energía	\$ 2.303.424
Molienda	Energía	\$ 6.361
Extracción	Energía	\$ 127.968
Separación	Energía	\$ 75.075
Mano de obra	Pago de empleados	\$ 9.252.356
	Total	\$ 11.794.188

Fuente: elaboración propia.

- **Valor comercial del aceite.** A continuación, se presenta el valor comercial del aceite de açai en diferentes países, estos valores fueron consultados en diferentes páginas web donde comercializan este producto.

Tabla 41. Valor comercial del aceite de açai en diferentes países.

País	Cantidad (mL)	Valor
Colombia	100	39.900 COP
Brasil	200	39,67 €
Perú	33	S/ 27,00
Estados Unidos	15	US 14,95
España	15	37,81 €

Fuente: elaboración propia.

5.5 VIABILIDAD FINANCIERA DEL PROYECTO

A continuación, se realizará la evaluación financiera utilizando los indicadores Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR) con el objetivo de analizar la rentabilidad y viabilidad del proyecto. Estos indicadores se calcularon por medio del programa Microsoft Excel.

- **Tasa Interna de Retorno (TIR):** Para este indicador se tuvo en cuenta el flujo de caja del proyecto estimado a 5 años y la inversión inicial como se evidencia en la tabla 42. Arrojando como resultado una TIR de 30,64%, este se compara con la tasa interna de retorno de la empresa la cual es de 20% indicando que el proyecto es rentable.

Tabla 42. Flujo de caja

FLUJO DE CAJA						
Columna1	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS (+)		\$ 306.432.000	\$ 321.753.600	\$ 337.841.280	\$ 354.733.344	\$ 372.470.011
Venta de aceite		\$ 306.432.000	\$ 321.753.600	\$ 337.841.280	\$ 354.733.344	\$ 372.470.011
COSTOS (-)		\$ 171.259.092	\$ 179.447.046	\$ 188.044.398	\$ 197.071.618	\$ 206.550.199
Isopropanol Reposición		\$ 7.500.000	\$ 7.500.000	\$ 7.500.000	\$ 7.500.000	\$ 7.500.000
Servicio de Energía		\$ 30.501.993	\$ 32.027.093	\$ 33.628.447	\$ 35.309.870	\$ 37.075.363
Servicio de Agua		\$ 23.172	\$ 24.331	\$ 25.547	\$ 26.824	\$ 28.166
Costos de personal		\$ 111.028.272	\$ 116.579.686	\$ 122.408.670	\$ 128.529.103	\$ 134.955.559
Gastos Administrativos		\$ 22.205.654	\$ 23.315.937	\$ 24.481.734	\$ 25.705.821	\$ 26.991.112
Inversión en equipos	-\$ 351.769.570					
MARGEN (=)	-\$ 351.769.570	\$ 135.172.908	\$ 142.306.554	\$ 149.796.882	\$ 157.661.726	\$ 165.919.812

Fuente: elaboración propia.

- **Valor Presente Neto (VPN):** Para este indicador se tuvo en cuenta los ingresos proyectados que se recibirían por la venta del aceite en presentación de 100mL, los costos y gastos involucrados en la ejecución el proyecto, el margen de utilidad estimado a 5 años, la inversión inicial del proyecto y la tasa interna de retorno (TIR) calculada como se evidencia en la tabla 43. Arrojando como resultado un VPN de \$0,00 con una TIR de 30,64%, lo que indica que si utilizamos la tasa del inversionista (20%) el VPN es positivo, facilitando la toma de la decisión sobre el proyecto, por lo tanto, el proyecto es viable.

Tabla 43. Resumen de indicadores financieros.

INDICADOR FINANCIERO	DEL PROYECTO	DEL INVERSIONISTA
TIR	30,64%	20,00%
VPN	\$ 0,00	\$ 89.098.831,35

Fuente. elaboración propia.

6. CONCLUSIONES

- Se establece que los residuos del proceso de despulpado de açai, en sus propiedades físicas y químicas, presenta un grado de humedad e higroscopicidad de 3,1% y 18,28% respectivamente, un contenido de cenizas de 5,4925g, posee gran variedad de ácidos grasos, aminoácidos, esteroides, antioxidantes y polifenoles.
- Para la obtención del aceite de açai se compararon estas tres metodologías de extracción, hidrodestilación asistida por microondas, extracción Soxhlet y arrastre de vapor, en donde se encontró que el mejor método es la extracción con solventes volátiles Soxhlet, utilizando isopropanol como solvente, arrojando un rendimiento 19,76% y unas características de aceite de densidad 0,9017 g/mL, pH de 5,11, índice de acidez de 9,0686 mg NaOH/g, Índice de yodo de 135,81 gI₂/100g, Índice de Peróxido de 4,311 meq O₂/Kg, Índice de saponificación de 246,84 KOH/g, parámetros que se encuentran dentro del rango permitido por la norma NTC para aceites y grasas de origen animal y vegetal.
- Se estableció que las especificaciones técnicas del proceso seleccionado requieren equipamiento específico los cuales son una lavadora de semillas industrial, un horno deshidratador, un molino de martillos, un extractor Soxhlet industrial y un destilador simple.
- Se evaluó la viabilidad financiera del proyecto utilizando los indicadores Valor Presente Neto (VPN) y Tasa interna de retorno (TIR), los cuales arrojaron como resultado un VPN de \$0,00 con una TIR de 30,64%, lo que indica que el proyecto es viable ya que la tasa del inversionista es de 20% arrojando un VPN de \$89.098.831.

7. RECOMENDACIONES

- Evaluar la extracción del aceite de açai variando los parámetros a analizar (tiempo de contacto entre las materias primas, temperatura de operación) como también aplicar otras metodologías de extracción.
- Evaluar la extracción de aceite implementando como materia prima principal la pulpa de la fruta.
- Realizar los estudios para la refinación del aceite de açai a escala laboratorio con los cuales se puede mejorar la calidad del producto, proporcionando mayor valor comercial.
- Realizar pruebas cromatográficas en el producto final, ya que estas permiten tener una caracterización más profunda del aceite, aclarando las aplicaciones industriales del mismo.
- Evaluar la implementación de una columna de destilación fraccionada para la separación del extracto, con el objetivo de recuperar la mayor cantidad de aceite.

BIBLIOGRAFIA

AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ. [En línea]. Consultado en Abril 2020 Disponible en: https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/inicio!/ut/p/z1/hY5BC4JAEIV_iwevzrRLYt22DoJEshJkewm1TQ11ZV3177fQKdjowRzmzfeGBwJyEE_OxtHVhWjUUnd1vlryH_libCMkZeYbl-S6IMb2QOKFw_Qcle8YfYmjzwoEwPGTkbQBHjDiBrx8JiLpT5acuG0oa1SC0fEotdTbrazfGjNPeRx_XdQ2KapaPuTlqqFRvx0dXsFGTgdzFw9jn-Np2y4l53hvtB_OW/dz/d5/L2dBIS9nQSEh/

BECERRA SANCHEZ Ángela María, CLAVIJO SIERRA Mónica Andrea. DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA LA TECNIFICACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE DE COCO PARA LA EMPRESA AMANOS ARTESANAL. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE ÁMÉRICA. 2018. P. 28.

CONTRERAS MURILLO, Marta. Proyecto diseño de unidad de procesado de Asai (Euterpe Oleracea Mart.), Universitat Politècnica de Valencia. 2017. P. 7.

CASERO Sandra Yanneth, BARRERA Jaime Alberto, CARRILLO Marcela, HERNANDEZ María Soledad. Asai (Euterpe Precatoria) Cadena de valor en el sur de la región amazónica. Instituto amazónico de investigaciones científicas SINCHI. 2015.P. 15.

Características del Acai. botanical-online.com. [En línea]. Disponible en: <https://www.botanical-online.com/plantas-medicinales/acai-caracteristicas> > [Consultado en abril de 2020]

Figmay. Extractor Soxhlet. [En línea]. Consultado en abril 2020 Disponible en: <https://figmay.com/extractor-soxhlet/>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C. El instituto, 2018 ISBN 9789588585673 153 p.

LUI, Daniel. Emulsiones. Departamento Académico de Farmacotecnia y Administración Farmacéutica. [En línea]. Disponible en: <http://www.digemid.minsa.gob.pe/UpLoad/UpLoaded/PDF/EURacMed/TrabS>

[alud/ReuTec/RTM Marzo 2009/5 DL EMULSIONES.pdf](#) [Consultado el Abril de 2020]

LORINI Horacio. Plan de Negocios para el aprovechamiento de asaí para la Asociación de Recolectores y Productores de Frutas Amazónicas de Petronila (ARPFAP). Documento de trabajo. 2017. P. 2.

MERCADO Diego Armando, MIRANDA Fabio Leonardo. ESTUDIO EXPLORATORIO SOBRE LA VIABILIDAD TECNICA Y FINANCIERA DE EXTRAER ACEITE ESENCIAL DE ARAZA (EUGENIA STIPITATA). UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. 2008. P. 21.

MELO GARCÍA Andrés Felipe, MORA MEDINA Nelson Andrés. EVALUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE VEGETAL A PARTIR DE AGUACATE (PERSEA AMERICANA) VARIEDAD LORENA. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. 2018. P. 40.

MEDINA, M. Gilma Beatriz. Aceites y grasas comestibles. Universidad de Antioquia. Departamento de Farmacia. [En línea]. Disponible en: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/424/Gilma_Medina/Grasasyaceites/Documento_Grasas_y_aceites.pdf> [Consultado el 11 de marzo de 2020]

ORTEGA ROMERO Elizabeth Consuelo, Obtención del aceite vegetal de Euterpe precatoria Mart. (Asaí) por diferentes métodos de extracción: evaluación del rendimiento y calidad (características físico-químicas, actividad antioxidante y estabilidad). UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. Lima-Perú. 2015. P. 7.

PERALTA RAMOS Ramiro. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE COSMÉTICOS A BASE DE ACEITE DE AÇAÍ, Instituto Tecnológico de Buenos Aires. 2009. P. 5.

RODRÍGUEZ Ligia Inés. RAMÍREZ Lorena Hasbleidy. Potencial de recuperación de aceite a partir de pulpa de asaí (Euterpe olerácea Mart.) producido en el pacífico colombiano. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. P. 50.

USAQUÉN RAMÍREZ María José, ZAFRA AGUDELO María Alejandra. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLA DE MANGO A NIVEL LABORATORIO. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. 2018. P. 31.

ANEXOS

ANEXO A CÁLCULO DE LA DENSIDAD DEL ACEITE

Materiales y Reactivos

- Picnómetro.
- Balanza Analítica.

Procedimiento:

1. Pesar un picnómetro seco y vacío: M_p
2. Añadir muestra.
3. Pesar el picnómetro con la muestra: M_m .
4. Hallar el peso de la muestra: $M_1 = M_m - M_p$
5. Pesar picnómetro lleno de agua destilada = M_2
6. Pesar picnómetro con agua destilada, aceite y agua destilada: M_3

Cálculos

$$1. \text{Densidad} = \rho = \frac{m}{V}$$

$$2. V = \frac{M_1 + M_2 - M_3}{d}; \text{ donde } d = \text{densidad del agua} = 1 \text{g/mL}$$

$$3. \rho = \frac{M_1}{M_1 + M_2 - M_3}$$

Resultados

Densidad experimental							
Repeticiones	Mp (g)	Mm (g)	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	V (mL)	Densidad (g/mL)
1	25,03	25,65	0,62	50,31	50,25	0,68	0,9058
2	25,03	25,64	0,61	50,33	50,26	0,68	0,8916
3	25,03	25,67	0,64	50,31	50,24	0,70	0,9078
Promedio							0,9017

ANEXO B ÍNDICE DE ACIDEZ

Materiales y Reactivos

- Erlenmeyer 250.
- Extracto obtenido.
- Pipeta de 5 ML.
- Etanol.
- Fenolftaleína.
- NaOH 0.1N.
- Bureta 25 ML.

Procedimiento

1. Tomar 5 gramos de la muestra de extracto pesados correctamente en una balanza analítica.
2. Adicionarle 50mL de etanol al 95 % y agitar suavemente
3. Agregar 2 o 3 gotas de fenolftaleína y agitar.
4. Titular la mezcla con NaOH 0,1 N hasta que cambia tu tonalidad a rosa.
5. Medir el Volumen de NaOH gastado en la titulación.
6. Realizar el cálculo.

Cálculos

$$\text{Índice de acidez} = \frac{G \cdot N \cdot 56,1}{W}$$

Dónde:

- G=Volumen requerido para titular NaOH.
- N= Normalidad de NaOH (para este caso es 0,5).
- W= Peso usado de aceite de semilla de açai.

Tabla de resultados.

Índice de acidez			
Experimento	Muestra (g)	NaOH utilizado	Índice de acidez
1	5,05	1,6299	9,0532
2	5,03	1,6311	9,0959
3	5,01	1,6176	9,0566
Promedio			9,0686

ANEXO C ÍNDICE DE YODO

Materiales y Reactivos

- Erlenmeyer 250mL
- Pipeta de 10 mL
- Pipeta de 5 mL
- Probeta 100mL
- Bureta 25 mL
- Agua Destilada
- Yoduro de Potasio 10%
- Tetracloruro Carbono o Cloroformo
- Tiosulfato de sodio 0,1N
- Almidón
- Reactivo Hanus

Procedimiento

1. Pesar 0,3 gramos de la muestra de aceite de semilla de açai.
2. Añadir 10mL de cloroformo y agitar
3. Añadir 25mL reactivo Hanus y mezclar suavemente.
4. Tapar y dejar reposar por 60 minutos en un lugar preferiblemente oscuro.
5. Añadir 20mL de yoduro de potasio al 10%
6. Agregar 100mL de agua destilada y mezclar.
7. Titular con Tiosulfato 0,1N hasta que su tonalidad cambia a un color amarillo.
8. Adicionar Almidón y titular hasta que su tono se vuelva transparente.
9. Calcular Volumen de Tiosulfato gastado.

Estandarización de Tiosulfato de Sodio.

Reactivos y materiales

- Disolución de tiosulfato de sodio 0.1N.
- Disolución de dicromato potásico 0.1N.
- Yoduro potásico sólido
- Ácido clorhídrico concentrado
- Disolución de almidón.

Procedimiento.

1. Preparar las soluciones anteriormente mencionadas

2. En un Erlenmeyer de 250 mL agregar 25 mL de solución de dicromato de potasio.
3. Agregarle 2 g de yoduro potásico y 8 mL de ácido clorhídrico concentrado, agitando vigorosamente.
4. Valorar ésta solución con Tiosulfato de sodio.
5. Durante la agitación añadir 2 mL de tiosulfato.
6. Agregar a él 2 mL de disolución de almidón y proseguir la valoración hasta que el color cambie a verde claro.
7. Calcular el Factor F, el cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F = \frac{25 \cdot 0,1}{V \cdot 0,1}$$

Dónde, V= es el volumen gastado en la titulación.

8. Calcular el factor de incertidumbre de la solución mediante la siguiente ecuación:

$$I_f^2 = \frac{1}{V} * \sqrt{I_p^2 - I_v^2 * \left(\frac{25}{v}\right)^2}$$

Dónde:

I_p = Incertidumbre del volumen de patrón (suponer 0,05)

I_v = Incertidumbre del volumen gastado en la valoración

9. Finalmente el valor de normalidad exacta se calcula por medio de la fórmula:

$$N_{exacta} = 0,1 * F$$

Las fórmulas para calcular el índice son:

$$\text{índice yodo} = \frac{12,69 * c * (V1 - V2)}{m}$$

Dónde:

V1= Volumen gastado en el blanco

V2= Volumen gastado en analito (aceite semilla de açai)

c= Concentración de tiosulfato

m= masa de la muestra

ANEXO D ÍNDICE DE PERÓXIDO

Materiales y Reactivos

- Ácido acético glacial
- Agua
- Cloroformo
- Tiosulfato de sodio
- Almidón
- 3 Erlenmeyer de 250 mL

Procedimiento

1. Secar los Erlenmeyer durante una hora a una temperatura de 110°C y dejarlos enfriar en el desecador.
2. Preparar una disolución de ácido acético/cloroformo 60:40 %v/v
3. Preparar una disolución de yoduro potásico saturado.
4. Preparar una solución de tiosulfato de sodio 0,001 M
5. Preparar una disolución de almidón al 0,5%
6. Agregar 50 mL de disolución ácido acético/cloroformo al Erlenmeyer y tapar.
7. Añadir 0,5 mL de disolución saturada de yoduro de potasio.
8. Agitar vigorosamente durante 1 minuto, luego de este periodo de tiempo añadir 30 mL de agua destilada.
9. Valorar la mezcla con disolución de tiosulfato 0,01 M hasta que el amarillo sea tenue.
10. Añadir 0,5 mL de la disolución de almidón y continuar con la titulación hasta que el color amarillo del yodo desaparezca.
11. Registre el volumen de titulante gastado.
12. Repita el procedimiento con un blanco analítico (agua destilada)
13. Hacer los cálculos mediante la fórmula:

$$P = \frac{1000 * (V - V_0) * c}{m}$$

Dónde:

- V = volumen (mL) de tiosulfato de sodio gastado en la valoración de la muestra.

- V_0 = volumen (mL) de tiosulfato de sodio gastado en la valoración del blanco.
- c = concentración (M) de tiosulfato de sodio.
- m = masa (g) del analito.

Índice de peróxido					
Repetición	V(mL)	V₀ (mL)	C(M)	M (g)	Índice de peróxido
1	0,556	0,1	0,047	5	4,286
2	0,565	0,1	0,047	5	4,371
3	0,555	0,1	0,047	5	4,277
Promedio					4,311

ANEXO E ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

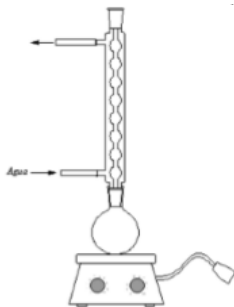
Materiales y reactivos.

- Hidróxido de potasio
- Ácido clorhídrico
- Indicador ácido-base
- Perlas de ebullición
- Balón esmerilado de 250 mL
- Condensador de reflujo
- Plancha de calentamiento
- Bureta de 50 ml
- Pipeta graduada de 25 mL
- Fenolftaleína
- Agua destilada

Procedimiento.

1. Preparar una solución de hidróxido de potasio (KOH) 0,5 M con etanol al 95% (v/v)
2. Secar dos bolones en estufa a 110°C durante 1 hora y enfriar en el desecador.
3. Calentar la muestra de aceite a 10°C por encima del punto de fusión, si se encuentra turbidez, filtrar en caliente hasta que esté clara.
4. Pesar 2 g de muestra en uno de los Erlenmeyer.
5. Agregar 25 mL de disolución etanólica de hidróxido de potasio y perlas de ebullición.
6. Preparar el montaje.

Montaje para hallar el índice de saponificación



Fuente. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012056092007000200005

7. Someter a calentamiento hasta que alcance la ebullición.
8. Añadir mezcla caliente de 0,5 a 1 mL de disolución de fenolftaleína y titular hasta que desaparezca el color rosa del indicador.
9. Repetir la prueba con un blanco analítico (agua destilada)
10. Tomar el valor de los volúmenes requeridos para cada titulación.
11. Hacer los cálculos mediante la siguiente fórmula:

$$I_s = \frac{(V_0 - V_1) * c * 56,1}{m}$$

Dónde:

- V1 = volumen (mL) de HCl gastado en la valoración del aceite.
- V0 = volumen (mL) de HCl gastado en la valoración del blanco.
- c = concentración (M) de HCl.
- m = masa (g) de la muestra de ensayo.

Resultados

Índice de saponificación					
Experimento	V1 (mL)	V0 (mL)	C (M)	M (g)	Is
1	21,69	39	0,5	2	242,7728
2	20,99	39	0,5	2	252,5903
3	21,52	39	0,5	2	245,1570
Promedio					246,8400