

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El maní (*Arachis hypogaea*) es una planta fibrosa originaria principalmente de América del Sur, hoy es uno de los principales cultivos en el mundo con la producción primaria en los Estados Unidos, China e India, que asciende a 35,98 millones de toneladas por año (USDA 2012).

Dentro de los frutos de esta planta se encuentran semillas que están cubiertas por una fina capa la cual se le conoce como tegumento de maní y es la materia prima de donde se obtiene el colorante natural, el tegumento o piel de maní es considerada un sub producto no utilizado.

Bolivia se encuentra entre los 20 mayores exportadores de maní. En el período 2012-2016 exportó 38,905 toneladas del mismo (La Razón, 2017), el cual es pelado antes de ser enviado resultando aproximadamente un 3 % de tegumento de maní, lo cual representa un total de 1,167 toneladas de este desecho.

El Instituto de Investigaciones Químicas de la Universidad Mayor de San Andrés (2017) afirma que el 75% de tegumento de maní es desechado en el proceso industrial, tanto en Sucre (Chuquisaca), Cochabamba y Tarija.

En Tarija la Asociación de Productoras de Maní Munduvi, que aún está en proceso de consolidación tiene experiencia en la producción de derivados de maní e impulsan la industrialización del maní lo procesan para venderlo en el mercado local y en ferias municipales. Conjuntamente con los desechos provenientes de las tostadoras de maní estos desechos son simplemente enviados a rellenos sanitarios.

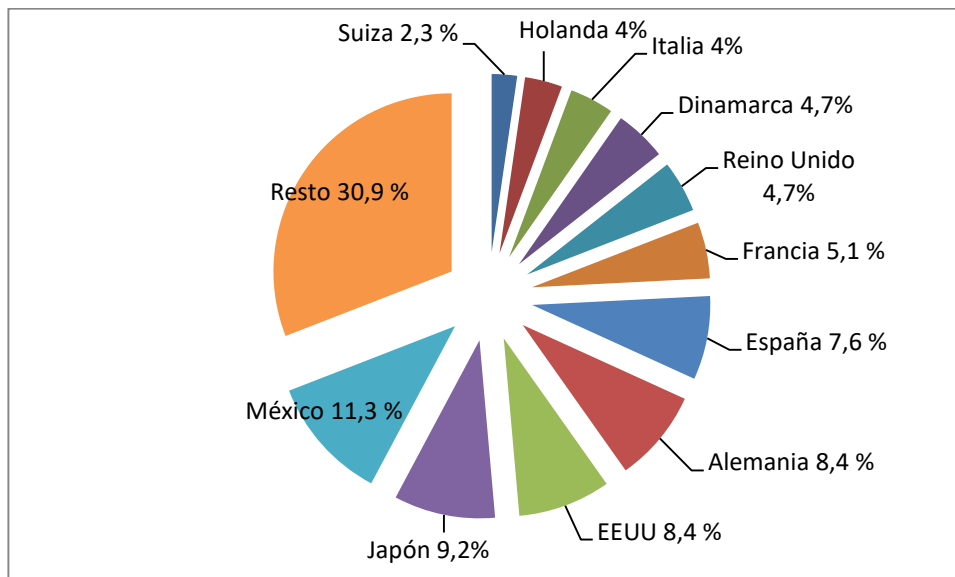
El color es la primera impresión que se recibe de un producto, y la que determina el primer juicio sobre calidad y en muchos casos puede condicionar el éxito o fracaso comercial del mismo. El coloreado es una práctica común, ya sea para resaltar, recuperar o uniformar el color original de un producto; esta práctica de colorear tiene una larga tradición, ya que algunos productos naturales como el azafrán o la cochinilla eran ya conocidos por las civilizaciones antiguas. (Analiza Calidad Asesores, 2016).

Existen en el mercado dos tipos de colorantes, los naturales y los artificiales o sintéticos, existiendo una cierta tendencia a utilizar cuando es posible colorantes naturales, ya que algunos colorantes artificiales son tóxicos y provocan enfermedades como alergias presentan efectos nocivos para la salud, mismos que están prohibidos en algunos países (Ramírez, F. 2016).

Los países desarrollados como los europeos son los que más han avanzado en la transición hacia el uso de colorantes naturales, los emplearon en el 85% de los lanzamientos de nuevos productos. Le siguen en esta tendencia los Estados Unidos y Japón, quienes registran alta demanda de este tipo de colorantes, los cuales son utilizados en diversas industrias, por esta razón el mercado de exportación está abierto a comprar colorantes naturales. (Lastra, I. 2016).

En la Figura 1-1 se aprecia la tendencia de los países hacia el consumo de colorantes naturales, además de algunos otros.

Figura 1-1 Participación de los principales importadores de Materias Colorantes de origen vegetal o animal



Fuente: MAXIMIXE 2012

En Latinoamérica los países que producen y exportan colorantes naturales son: Argentina, México, Perú, Bolivia, entre otros. Con una demanda creciente por la preferencia y exigencia de los consumidores en que los alimentos sean lo más naturales posibles; en consecuencia, la elaboración de colorantes naturales está también en crecimiento (Marín y Mejía, 2013).

Se ha encontrado diversos estudios de extracción de colorantes, tales como de Cochinilla, Chile Jalapeño, Maíz Morado y otros, para su uso en la industria textil. (Guzmán, 2008).

En los últimos años, el tegumento de maní ha recibido atención generalizada debido al descubrimiento que es rica en resveratrol, un medicamento contra el cáncer muy eficaz. Es por esto que en el año 2018 la compañía China Shandong Jinsheng Biotechnology Co.,Ltd. Obtuvo la licencia de producción de alimentos saludables de

extractos a partir distintas materias primas entre los que se encuentra el extracto de piel de maní cuyo uso es para medicamentos, productos para el cuidado de la salud, alimentos y cosméticos

En el año 2013, Investigadores del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) perteneciente al país vecino de Argentina presentaron un método químico que permite producir colorante natural de la piel (tegumento) del maní (*Arachis hypogaea*), los resultados fueron exitosos ya que estos proporcionaron mayor retención en prendas textiles en comparación a otros colorantes. (Muñoz y Luzón, 2015).

Figura 1-2 Tegumento de maní



Fuente: Elaboración Propia

El proceso y la tecnología son sencillos, se encuentran disponibles y pueden ser utilizados en desechos agrícolas o agroindustriales de bajo o nulo valor; aunque en América aún no existen industrias establecidas específicamente dedicadas a la obtención del colorante del tegumento del maní.

1.2. Justificación

La necesidad del estudio de la obtención y posterior empleo del colorante natural de tegumento de maní radica en la importancia que tiene la coloración de alimentos o textiles, en la determinación de las características físico-químicas y organolépticas que deben tener los productos elaborados para que tengan buena calidad, que pueda ser empleado en diversos procesos, y la debida aceptación de parte del consumidor intermedio y final con una fácil salida al mercado.

Durante los últimos 10 años, el uso de los colorantes naturales en el ámbito mundial se ha incrementado debido a la instrumentación de normas ambientales en la industria alimenticia, farmacéutica y cosmética establecidas en varios países; la seguridad ha hecho que se investigue los efectos sobre la salud de los colorantes artificiales. La toma de conciencia por parte de los consumidores en cuanto a lo que consumen, ha llevado a muchas empresas a revisar la formulación de sus productos y reemplazar los colorantes artificiales por otros naturales.

El presente trabajo determina los métodos y parámetros técnicos para el proceso de extracción de colorante utilizando tegumento de maní como fuente de colorante natural, lo cual tiene impacto a nivel comercial, social e investigativo.

1.2.1 Justificación Económica

De acuerdo a Llanos Pereira, M. (2009), la producción de maní ha sido y es de gran importancia en la economía del sector productivo departamental. El número de productores y la producción ha ido creciendo en el tiempo. El departamento de Tarija se posiciona como el tercer departamento productor de maní a nivel nacional, siendo superado por los departamentos de Chuquisaca y Santa Cruz, pertenecientes todos al Chaco Boliviano.

El comercio de maní es del 80% descascarado (pelado), por esto se aprovechan los desechos agrícolas o agroindustriales del maní, específicamente el tegumento, a través de un proceso sustentable, sencillo y económico que permite alcanzar como resultado colorante natural.

1.2.2 Justificación Tecnológica

Esta investigación se realiza a favor del progreso del desarrollo de la tecnología colorativa en el país y de la ciencia a nivel superior, que impulsa la evolución del país a todo nivel y en todos los aspectos.

Actualmente existen dos formas de realizar la extracción de colorantes naturales: la extracción artesanal y la extracción industrial. Esta última tiene aportes tecnológicos respecto a la primera, tanto en la producción en sí misma como en el control de calidad del producto obtenido.

La tecnología empleada para obtener colorante natural del tegumento de maní (extracción sólido-líquido), está disponible dentro del País, así como los otros insumos requeridos, en cantidad, calidad y costo. El proceso está diseñado a nivel laboratorio pudiendo ser reproducida a gran escala para dar paso al desarrollo productivo de colorantes naturales.

1.2.3 Justificación Social

La investigación contribuye a la búsqueda de nuevas fuentes de ingreso, además de la generación de nuevos empleos si se llega a consolidar, todo esto a partir de los desechos de valor nulo que se generan en las industrias de pelado de maní, así como también las artesanales de productos derivados del maní: mantequilla de maní, maní para refrescos, maní triturado para confitería, maní tostado en perilla (con cáscara) y en grano, maní frito, maní tostado envuelto en caramelo, maní en tablillas y harina de maní.

1.2.4 Justificación Ambiental

El proyecto no ocasiona daños negativos al medio ambiente, ya que las materias primas a utilizar son tomadas de los desechos del maní tostado, de igual forma, refiriéndose a la síntesis de los colorantes naturales, estos representan una fuente sustentable respecto a su contraparte sintética, pues son un recurso renovable; los colorantes sintéticos no, ellos provienen del petróleo; además que no emplean mordientes tóxicos como cromo, estaño ni cobre, utiliza auxiliares naturales o de bajo/nulo impacto.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Obtener a nivel experimental, colorante natural en polvo del tegumento de maní (*Arachis hypogaea*), en solución de hidróxido de sodio.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el tegumento de maní tostado (*Arachis hypogaea*), en lo que corresponde a sus propiedades fisicoquímicas.
- Analizar y Seleccionar el Proceso experimental para la obtención de colorante natural en polvo del tegumento de maní.
- Determinar las variables del proceso en cada una de sus etapas.
- Diseñar y ejecutar la fase experimental del proceso de obtención de colorante natural en polvo del tegumento de maní.
- Determinar las propiedades físicoquímicas del colorante natural en polvo obtenido.
- Comparar las características del colorante obtenido con los obtenidos con procesos similares en otros países.
- Determinar el rendimiento del proceso utilizado para la obtención de colorante natural en polvo del tegumento de maní.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

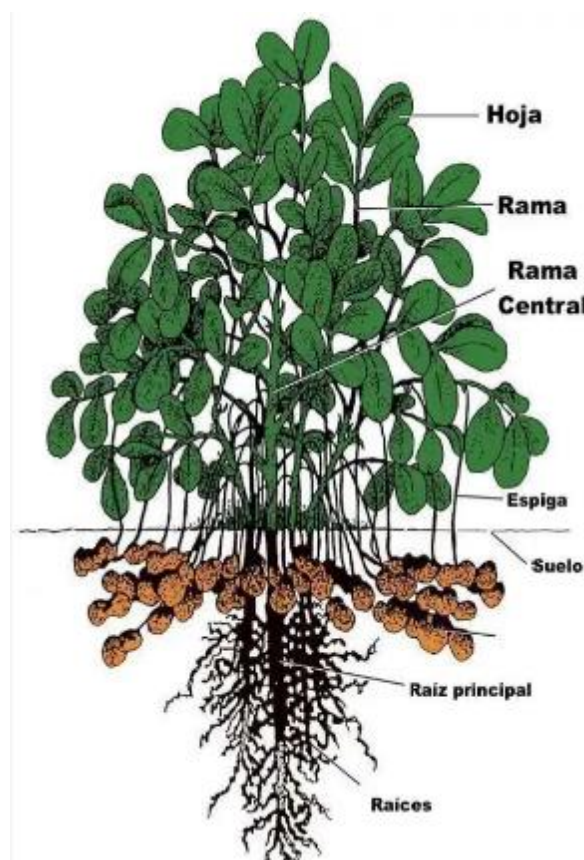
CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del maní

Es una planta fibrosa originaria de América, que llega a medir de 30 a 50 cm de altura. Los frutos crecen bajo el suelo, dentro de una vaina leñosa redondeada que contiene de una a cinco semillas. Al poseer una cáscara leñosa sin pulpa se considera un tipo de fruto seco.

Figura 2-1 Planta de Maní



Fuente: López E., 2013

2.1.1 Descripción taxonómica y morfología

Cuadro II-1 Taxonomía del maní

Nombre científico o latino	<i>Arachis hypogaea.</i>
Nombre común o vulgar	Maní o cacahuate
Reino	Plantae
Familia	Leguminosae.
Subfamilia	Papilionácea
Origen	Nativo de la parte tropical de América del Sur, probablemente Brasil.

Fuente: Carpio, C. 2016

2.1.2 Variedades que se conocen en Bolivia.

En Bolivia existen una gran variedad de tipos de maní, los agricultores manejan sus propias semillas de esta gran diversidad de recursos genéticos. Sin embargo, las variedades de maní que se cultivan, consumen y exportan de un modo u otro, responden a tipos genéricos que se diferencian y denominan básicamente por el color de la cubierta de la semilla.

2.1.2.1 Maní Overo: Único en el mundo. El color del grano es “abigarrado y blanco”. Sus rendimientos promedio en grano alcanzan los 1.600 kg/ha y sus zonas de adaptación son: Yacuiba, Caraparí y Entre Ríos en el departamento de Tarija.

2.1.2.2 Maní Bayo: El color del grano es un castaño claro, típicamente “bayo”, cuyo potencial de rendimiento puede superar los 1.700 kg/ha. El Bayo Irundy, se adapta a las zonas productoras de Entre Ríos, Caraparí y Yacuiba.

2.1.2.3 Maní Colorado: El color del grano es colorado intenso y su rendimiento puede llegar a los 1.400 kg/ha. y se adapta a las condiciones de producción de Yacuiba y Caraparí en el departamento de Tarija.

2.1.2.4 Maní Cartucho: Este es un tipo de maní de grano pequeño, colorado. Es muy apreciado por su sabor cuando es preparado como tostado de maní, sobre todo para el autoconsumo. Está difundido en las zonas productoras en el departamento de Tarija.

Figura 2-2 Principales variedades de maní en Bolivia

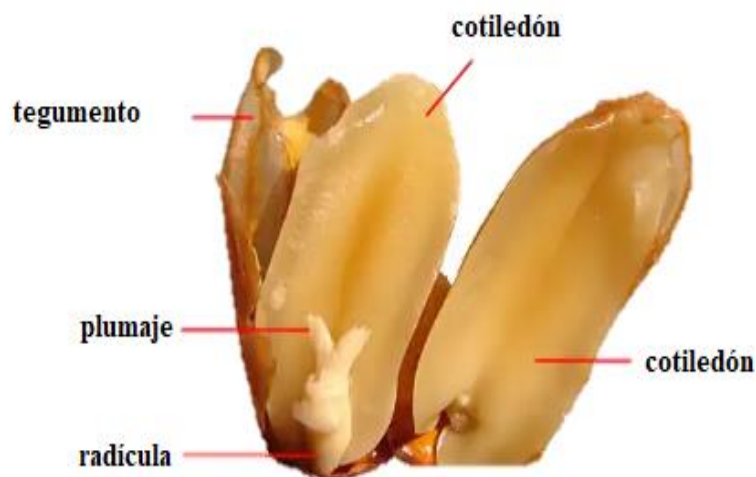


Fuente: Agrinuts 2017

2.1.3. Estructura del fruto de Maní

La Figura 2-3 nos muestra el fruto de maní donde se puede observar claramente la semilla y el tegumento que viene a ser lo que recubre al grano del maní, el cual tiene un aspecto de color rojo y es la materia prima.

Figura 2-3 Partes del fruto del maní

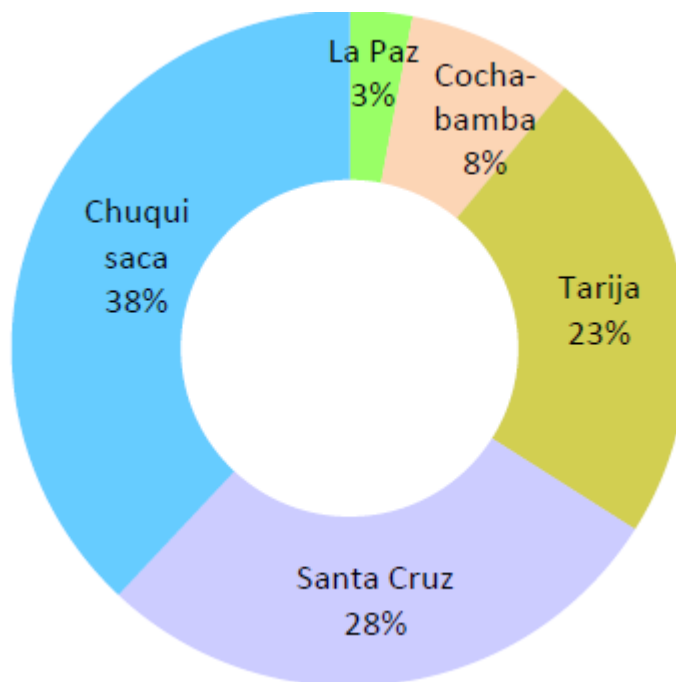


Fuente: Armstrong, 2005

2.1.4 Producción en Bolivia

La producción nacional de maní se encuentra distribuida en diferentes regiones del territorio boliviano, cada una con características ambientales distintas, aunque priman especialmente suelos de tipo arenoso, climas cálidos con buena luminosidad y niveles de humedad variable. Es cultivado en cinco de los nueve departamentos del país y es Chuquisaca (en los municipios Villa Vaca Guzmán, Padilla, Villa Serrano y Monteagudo) el de mayor importancia, cuya producción representa el 38 por ciento de la producción total nacional.

Figura 2-4 Departamentos Productores de Maní en Bolivia en Porcentajes de la producción nacional



Fuente: Innovación en el Cultivo del Maní en Bolivia, 2017

En segundo lugar, se encuentra el departamento de Santa Cruz, con el 28 por ciento (principalmente en la Chiquitanía, provincia Cordillera, Vallegrande, Mairana, San Julián), zona norte integrada y la zona noroeste. Tarija, en tercer lugar, con el 23 por ciento en la llanura chaqueña, (municipios de Yacuiba y Caraparí) y en la región subandina, en los municipios de Padcaya, Bermejo y Entre Ríos. Cochabamba, se ubica enseguida con el 8 por ciento, y La Paz, con el 3 por ciento (Innovación en el Cultivo del Maní en Bolivia, 2017)

2.1.5 Consumo de Maní en Bolivia y aplicaciones

Las semillas se consumen crudas, cocidas o tostadas, fritas en el aperitivo, se sirven salados o sin sal, con cáscara o pelados. Se las procesa para producir mantequilla de

maní, dulces y bocadillos o se las utiliza para sopas y salsas. También se utilizan para la elaboración de tartas, galletas, pasteles, dulces, etc.

El forraje es utilizado como alimento rico en proteína para animales. Las cáscaras sirven como combustible, fibra cruda para forraje, materia cruda, tableros alivianados, producción de celulosa o para compota. El 40% de la producción mundial se utiliza para el procesamiento de aceites. Se procesa para la producción de harina que sirve, a su vez, para el enriquecimiento proteínico de alimentos.

Tanto en Bolivia como en Ecuador en la cocina tradicional, es molido para agregar y espesar salsas de guisos.

Diversos trabajos de investigación han demostrado que el tegumento o piel de maní presenta sustancias fenólicas con propiedades antioxidantes, por lo que constituye una excelente materia prima para su explotación como fuente de antioxidantes naturales de grado alimentario. (Reñones, 2010)

Otra utilización que se le está dando al tegumento de maní por su bajo o nulo valor económico es en la fabricación de la madera plástica en países como Argentina y Brasil. El tegumento de maní en una de las primeras aplicaciones que se le ha venido dando es como alimento de animales como el ganado porcino, por ejemplo.

2.2. Colorantes

Se define como colorante, cualquiera de los productos químicos pertenecientes a un extenso grupo de sustancias, empleados para colorear tejidos, tintas, productos alimenticios y otras sustancias (Enciclopedia Encarta, 2014).

Los colorantes tienen aplicación aceptable cuando se usan para tornar más agradable a la vista los productos, pero su uso se hace fraudulento cuando se utilizan para enmascarar o disimular alteraciones o sustituciones, o cuando no están permitidos para el consumo humano o animal.

Se les identifica por sus códigos entre el E-100 y el E-180. El número E indica que un aditivo ha sido aprobado por el Codex Alimentarius y la Unión Europea, a través del Comité Científico o la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria que tiene que evaluar si el aditivo es seguro; además sirve para etiquetar de manera práctica la información del producto. (Quizphe, 2016).

2.2.1 Colorantes como Aditivos Alimentarios

Una de las principales metas de la Industria de Alimentos es la producción de varios tipos de alimentos, con apariencia cada vez más atractiva. Para cumplir con dicha finalidad, es necesario el empleo de aditivos.

Los Aditivos son usados para:

- Reponer el valor nutritivo y las características sensoriales perdidas durante el procesamiento.
- Garantizar las características de los alimentos durante la fase de almacenamiento.

En los últimos años, los hábitos alimenticios de las personas se van modificando de tal modo, que casi el 70% de los alimentos que llegan a los consumidores actualmente sufren algún tipo de procesamiento.

2.2.2 Factores que afectan la Estabilidad de los Colorantes

- Trazas de Metales.
- Altas Temperaturas.
- Agentes oxido-reductores.
- Luz.
- pH.
- Microorganismos.
- Precipitaciones (turbidez).

Generalmente, la luz es la principal causa de degradación de los colorantes. Algunos sufren alteración del color por la presencia de trazas de metales, ya sea, en el producto o en el envase. Otros se degradan cuando son expuestos a ciertos azúcares, aldehídos, peróxidos y ácidos.

También hay que resaltar el hecho, de que no todos los colorantes son estables a todos los valores de pH. Algunos fenómenos están relacionados con este agente, como puede ser cambios de solubilidad y la pérdida del poder tintóreo del colorante.

Para evitar descomposiciones de carácter microbiológico se suele recurrir a la pasteurización, a la adición de sal o sustancias conservantes.

Todos los colorantes para ser utilizados en la Industria de Alimentos, deben satisfacer las pruebas de toxicidad que requieren las autoridades de salud, para demostrar su inocuidad.

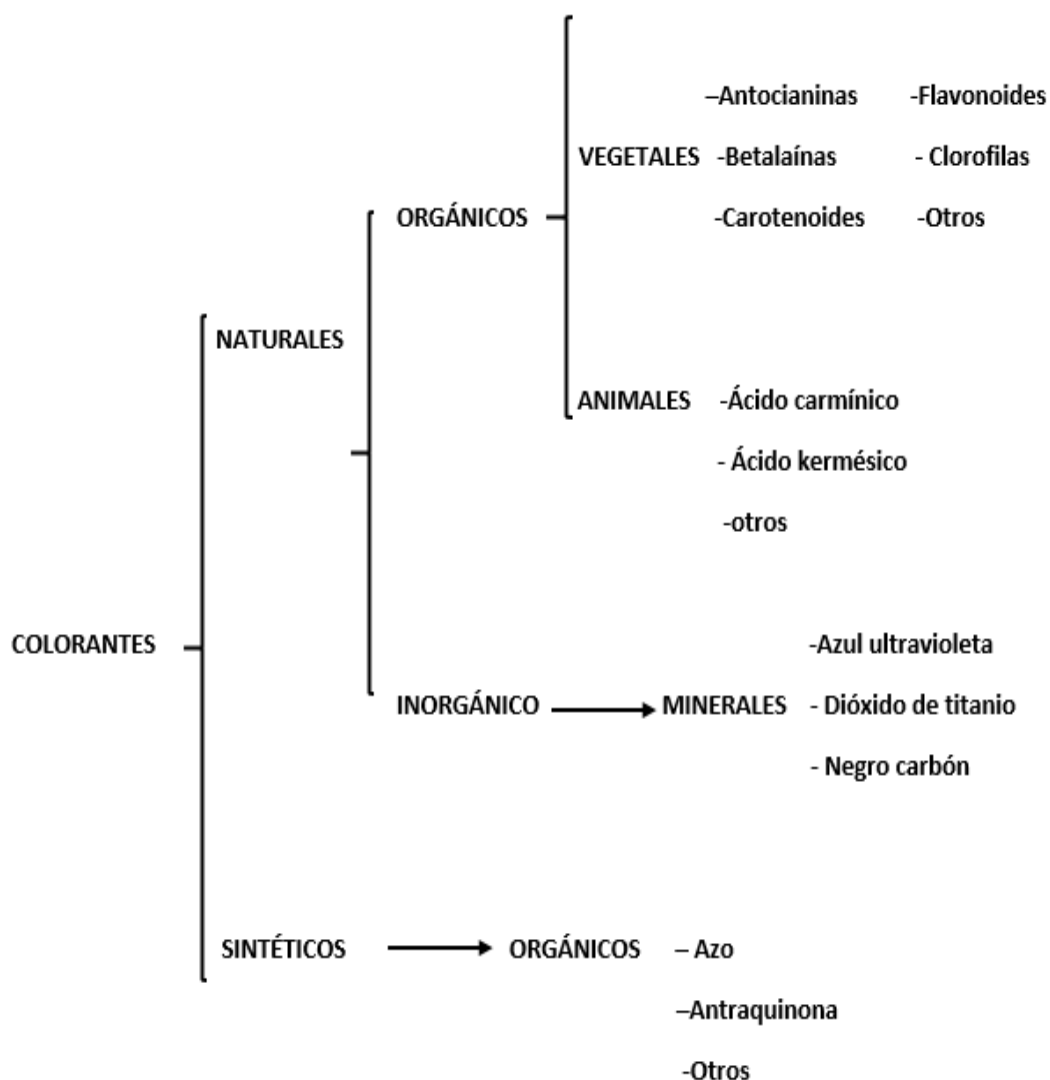
Así tenemos que dentro de los requisitos exigidos para su utilización están:

- Ser inocuo.
- Constituir una especie química definida y pura.
- Tener gran poder tintóreo, con objeto de utilizar la mínima cantidad posible y ser fácilmente incorporables al producto.
- Ser lo más estable posible a la luz y al calor.
- Poseer compatibilidad con los productos que deben teñir.
- No poseer olor ni sabor desagradable.
- Ser indiferente al pH, agentes oxidantes y reductores.
- Ser lo más económico posible

2.2.3. Clasificación de los Colorantes

Existen diversas maneras de clasificar a los colorantes, con base en su naturaleza u origen (naturales o artificiales), por su grupo cromóforo (radical que le confiere un determinado color), como se puede ver en la Figura 2-5. (Almeida, 2012).

Figura 2-5 Clasificación de los colorantes



Fuente:Almeida 2012

2.2.3.1 Colorantes Sintéticos.

Son pigmentos obtenidos por síntesis química. Pueden ser de dos clases: síntesis de moléculas nuevas o síntesis de moléculas iguales a las que se encuentran en el medio natural (Cubero, 2012).

En general, los colorantes sintéticos son más resistentes que los colorantes naturales; sin embargo, presentan problemas en su uso; por ejemplo, se decoloran por acción del ácido ascórbico, efecto importante en el caso de las bebidas refrescantes, en las que esta sustancia se utiliza como antioxidante. Los colorantes artificiales pueden utilizarse en forma soluble, como sales de sodio y potasio o bien absorbidos sobre hidróxido de aluminio formando lo que se conoce como laca. La utilización de un colorante soluble o insoluble depende de la forma en que se va a llevar a cabo la dispersión (Grupo Latino, 2007).

De esta forma se clasifican en:

1. Categoría A: Colorantes admitidos para uso alimentario.
2. Categoría B: Colorantes que no han sido lo suficientemente estudiados para ser incluidos en la categoría A.
3. Categoría C-I: Colorantes no estudiados de forma exhaustiva, pero de los cuales ya se tienen bastantes datos obtenidos de los ensayos de larga duración.
4. Categoría C-II: Colorantes con datos inadecuados para su evaluación, pero no se conocen resultados de los ensayos de toxicidad de larga duración, como para relacionarlos con procesos cancerígenos.
5. Categoría C-III: Colorantes de los cuales se tienen pocos datos para evaluarlos, pero que son suficientes como para relacionarlos con efectos perjudiciales para la salud.
6. Categoría D: Colorantes de los cuales se desconocen casi por completo, datos referentes a su posible toxicidad. En la etiqueta debe constar el tipo de colorante, en caso de que el alimento lo contenga. (FDA, 2011).

2.2.3.2 Colorantes Naturales.

Son pigmentos coloreados que se encuentran en la naturaleza y que se extraen por diferentes métodos. Las fuentes de las cuales se puede extraer estos colorantes son las plantas superiores, algas, insectos y hongos.

Los colorantes naturales son considerados inocuos y tienen menos limitaciones para usarse que los sintéticos (Aceituno M, 2010). Estos colorantes presentan alta compatibilidad con los sistemas vitales a diferencia de muchos colorantes sintéticos que se bioacumulan y alteran el metabolismo.

En los últimos años, la calidad y variedad de colores provenientes de fuentes naturales ha mejorado sustancialmente. Además de ser más inocuos que los sintéticos, algunos otorgan al producto distintos tipos de funcionalidad.

Ventajas de los colorantes naturales

-Baja toxicidad

- Propiedades: Antioxidantes, Antiinflamatorias, Antivirales, Antimicrobianas

Un criterio útil de clasificación de los colorantes es en base a su estructura molecular, que permite agrupar componentes afines en cuanto a su comportamiento y propiedades genéricas. Tenemos dos grupos principales: Los colorantes orgánicos y los colorantes inorgánicos.

2.2.3.2.1 Colorantes Orgánicos.

Los colorantes orgánicos se caracterizan por tener en su estructura múltiples dobles enlaces conjugados, también se puede encontrar heteroátomos de nitrógenos y oxígeno, (Molina, 2009).

2.2.3.2.1.1 Colorantes vegetales

Es el grupo más numeroso de colorantes naturales, se pueden extraer de diferentes estructuras de los vegetales, como son las raíces, cortezas, partes leñosas, hojas, flores, frutos y semillas (Cubero, 2012).

Los colorantes naturales vegetales se pueden agrupar en seis familias, que son: **Carotenoides:** Los colorantes y pigmentos de este grupo presentan una paleta de colores que varía desde amarillo pálido, pasando por anaranjado, hasta rojo oscuro. Ejemplos de ello son el licopeno (color rojo del tomate y la sandía) y el beta caroteno (color anaranjado de la zanahoria).

Clorofílicos: Los compuestos clorofílicos son los pigmentos más abundantes en la naturaleza. Se encuentran en los cloroplastos de las células vegetales, orgánulos exclusivos de las plantas donde se lleva a cabo la fotosíntesis y se conocen dos tipos importantes: clorofila A y clorofila B, que son las responsables del color verde de las plantas. La clorofila A representa de manera aproximada, 75% de toda la clorofila de las plantas verdes, pero también se encuentra en las algas verde-azuladas. La clorofila B es un pigmento que acompaña a la clorofila A. Absorbe luz de una longitud de onda diferente (más baja) y transfiere la energía a la clorofila A, que se encarga de convertirla en energía química.

Antocianínicos: Las antocianinas forman uno de los seis grupos de flavonoides existentes. Los flavonoides son metabolitos secundarios de las plantas, esto es: compuestos que la planta elabora, pero no son vitales, pues en su ausencia el organismo puede continuar viviendo. Las antocianinas son verdaderos colorantes naturales, ya que son pigmentos hidrosolubles. Son responsables de los colores rojo, anaranjado, azul y púrpura de las uvas, manzanas y fresas. Las funciones de las antocianinas en las plantas son múltiples, y van desde la protección de la radiación solar hasta la de atraer insectos polinizadores.

Flavonoides : El resto de los flavonoides no-antocianínicos, se caracterizan por su color amarillo, Los flavonoides en general se caracterizan por ser polifenoles solubles en agua, algunos con una estructura de glucósidos (azúcares) y otros de polímeros naturales. . A estos últimos pertenecen los taninos condensados, polímeros naturales formados por monómeros de antocianidina, presentes en semillas y tejidos vegetativos de ciertas forrajeras. Otro grupo de flavonoides importantes son las flavonas, colorantes amarillos presentes en pétalos de flores como la primula, o en la piel de frutos como las uvas, responsables del color amarillento de los vinos blancos. Finalmente están las flavononas, presentes en altas concentraciones de los zumos de cítricos.

Betaláinicos: Constituidas por aproximadamente 70 pigmentos hidrosolubles con estructura de glucósidos y que se han clasificado en dos grupos importantes: las betacianinas y las betaxantinas.

Las betacianinas son unos cincuenta colorantes naturales identificados de color rojo o violeta que se encuentran en plantas como la remolacha (*Beta vulgaris*) y frutos de la tuna (*Opuntia sp*) y en algunos basidiomicetos. Tienen una absorción máxima en el espectro visible entre 534 y 552 nm.

Las betaxantinas en cambio, cuentan con un grupo de casi 25 componentes de color amarillo encontradas en algunas variedades de hongos venenosos (amanita muscaria), y en las bayas de los cactus pitaya (*Hylocereus*). Tienen una absorción máxima en el espectro visible entre 260 y 320 nm.

Tanínicos: Son compuestos fenólicos coloreados en una gama que va desde colores amarillos hasta el castaño oscuro. Los taninos tienen olor característico, sabor amargo y son muy astringentes. Se agrupan en: taninos hidrolizables y taninos condensados. Las plantas más empleadas para la obtención de taninos son: robles (*Quercus robur*), castaños (*Castanea sativa*), paquió (*Hymenaea courbaril*), verdolaga (*Terminalia amazonia*), quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*).

2.2.3.2.1.2. Colorantes animales

Se obtienen colorantes naturales a partir de especies del reino animal, que se encuentran en menos cantidad que el reino vegetal pero que pueden ser útiles. Estos se dividen en insectos y organismos marinos.

Insectos: Uno de los principales y ya conocidos insectos para la obtención de colorante es la llamada cochinilla, de la cual se obtiene un colorante rojo.

Organismos marinos: La obtención de colorantes naturales a partir de organismos marinos se da en su mayoría de los moluscos cefalópodos, como la llamada cañadilla (*Murex brandaris*) de la cual se obtiene un color púrpura; otro ejemplo, sería la jibia

2.2.3.2.2 Colorantes Inorgánicos

Están formados por minerales de composición definida y se obtienen de tierras ,fósiles ,etc.Bajo diferentes formas químicas,como silicatos,carbonatos y sales.

Entre sus propiedades tenemos que son insolubles y muy estables frente a agentes como la luz o el calor .Esta clase de colorantes se encuentran en los minerales en estado nativo y son extraídos y purificados, pero sin modificar su estructura.

2.2.4. Normativas de los Colorantes

Según FDA (Food and Drugs Administration) de los Estados Unidos las regulaciones de los colorantes se dividen en dos categorías:

- Colorantes exentos de certificados, son aquellos que se obtienen principalmente de fuentes minerales, vegetales y animales. Estos no están sujetos a los requisitos de certificación.

- Colorantes sujetos a certificación. - son aquellos que se los obtienen de síntesis químicas se los conoce como tinturas de alquitrán de hulla (Foods and Drugs Administration (FDA), 2017).

2.3. Procesos Tecnológicos empleados para la extracción de colorantes naturales

Existen varias tecnologías conocidas, actualmente que incluyen la sonificación, el calentamiento a reflujo, la extracción Soxhlet y otros comúnmente usados dependiendo de la polaridad y estabilidad térmica del compuesto objetivo. (Faqeer, 2016).

Algunos procesos modernos también se utilizan para extracción como micro extracción en fase sólida, extracción de líquido presurizado, extracción asistida por microondas, extracción en fase sólida y técnicas mediadas por tensioactivos debido a sus ventajas en términos de rendimiento y facilidad. (Faqeer, 2016).

Los procesos de extracción mediante disolventes orgánicos, extracción por arrastre de vapor y, las tecnologías basadas en la extracción con CO₂ supercrítico, están permitiendo el avance tecnológico necesario para proporcionar a la industria los colorantes naturales que demanda.

Por su parte, la tecnología basada en la extracción a través de fluidos supercríticos está demostrando ser una opción técnica, económica y medioambientalmente viable que ofrece ingredientes alimentarios de la más alta calidad y libres de impurezas.

Al mismo tiempo, la micro encapsulación aparece como innovación tecnológica especialmente alineada con la industria de los ingredientes. Ésta representa una opción viable para introducir ingredientes naturales en los alimentos con la intención de sustituir a los aditivos y colorantes químicos.

La extracción acuosa que es la tecnología más ampliamente utilizada por su sencilla instalación y rentabilidad.

2.3.1 Métodos experimentales para la obtención de colorantes naturales en polvo

Cuando se ha seleccionado una fuente de colorante natural, el siguiente paso es aislar el mismo del resto de la estructura de la planta o animal que lo contiene. A este proceso se lo denomina extracción.

2.3.1.1 Extracción. Se define como la separación de una mezcla de sustancias por disolución de cada componente, utilizando uno o varios disolventes, en donde se obtienen dos productos:

- Solución extraída en el disolvente (Extracto).

- Residuo.

El método a emplear para extraer un determinado pigmento o colorante, va a estar condicionado por una serie de factores que hace que cada extracción sea un proceso particular y específico para cada organismo portador y para cada tipo de material a extraer. (Red Textil, 2015).

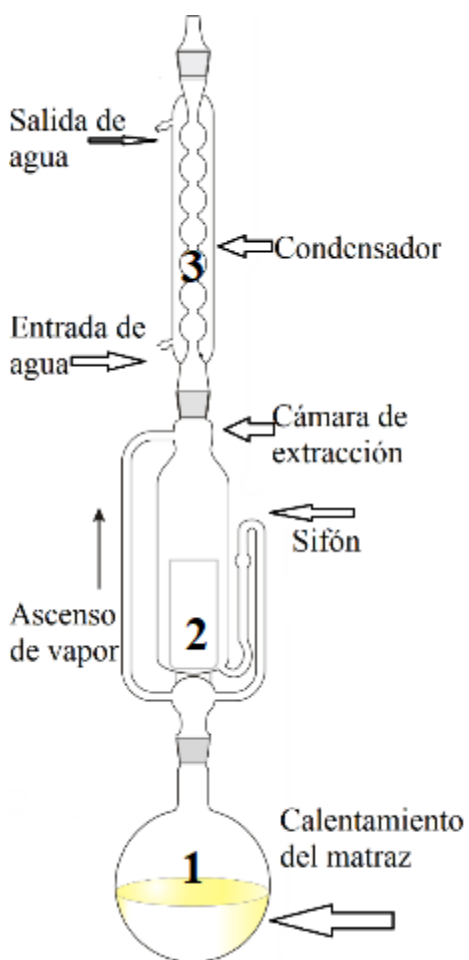
Dentro de estos métodos tenemos:

2.3.1.1.1 Extracción con Equipo Soxhlet

El equipo Soxhlet es uno de los más utilizados para la extracción, se aplica a analitos (materia vegetal) que no se pueden separar por volatilización (en fase gas) pero sí son extraíbles empleando un disolvente orgánico adecuado. La gran ventaja del Soxhlet es la eficacia en el proceso de remojo de la fase sólida. (Núñez, 2008)

El esquema del instrumento es sencillo como se muestra a continuación:

Figura 2-6 Extracción con Soxhlet



Fuente: Generalic Eni, 2018

Para esta extracción se emplea un equipo de vidrio que consta de tres partes:

1.- Matraz: Un matraz de base redonda que contendrá el disolvente orgánico volátil el cual está sometido a calentamiento.

2.- Cámara o corneta: Un contenedor intermedio de vidrio en el cual se coloca la muestra (materia prima para extracción del colorante) dentro de un cartucho que está

abierto en su parte superior siendo permeable al disolvente y a la posterior disolución de la muestra.

3.- Condensador o Refrigerante:

En 1 el matraz es calentado con una manta calefactora hasta que el disolvente orgánico se evapora, el vapor del disolvente atraviesa el cartucho que contiene la muestra ascendiendo por el contenedor (en 2) hasta el refrigerante (en 3). Cuando el vapor de disolvente llega al refrigerante este condensa y cae en forma líquida de nuevo en dirección al matraz, pero, en su camino, este golpea con la muestra disolviéndola es decir cae en 2 (para que esto ocurra la muestra debe estar perfectamente seca y finamente dividida). El extraído de la muestra disuelta en disolvente orgánico pasa por un sifón el cual, al llenarse y desbordar, descarga sobre el matraz redondo.

Cuando el proceso de disolución se da por finalizado se añade una última etapa: la evaporación. El disolvente se evapora por calentamiento concentrando el extracto.

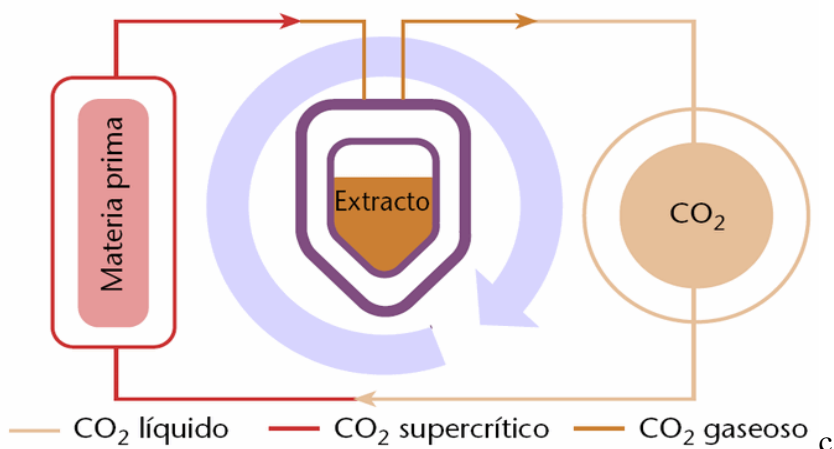
2.3.1.1.2 Extracción con Fluidos Supercríticos

Extracción especialmente de productos naturales no deja residuos, se obtienen extractos de alta pureza y no requiere altas temperaturas.

Consiste en operar la extracción en las vecindades del punto crítico del disolvente a utilizar, y con pequeñas variaciones de presión o temperatura se pasa de una fase líquida a gaseosa instantáneamente, el inconveniente es el uso de temperaturas y presiones muy altas para disolventes como agua o etanol.

La desventaja del uso de fluidos supercríticos es el alto costo ya que se requiere llegar a la temperatura crítica del fluido, pero son solventes amigables al medio ambiente ya que no utilizan solventes orgánicos. (Quispe y Herrera, 2012).

Figura 2-7 Extracción con fluidos supercríticos



Fuente: Castaños 2015

2.3.1.1.3 Extracción acuosa en medio alcalino por agitación

Se basa principalmente en la selección del solvente, temperatura y tipo de agitación con la que se puede incrementar la solubilidad de los componentes y la tasa de transferencia de masa; a nivel industrial se utilizan los mezcladores. (Saavedra, 2016).

Según estudios realizados con diferentes solventes, con una solución de un álcali se obtiene el colorante con mejor rendimiento y calidad. (Kalsec, 2013)

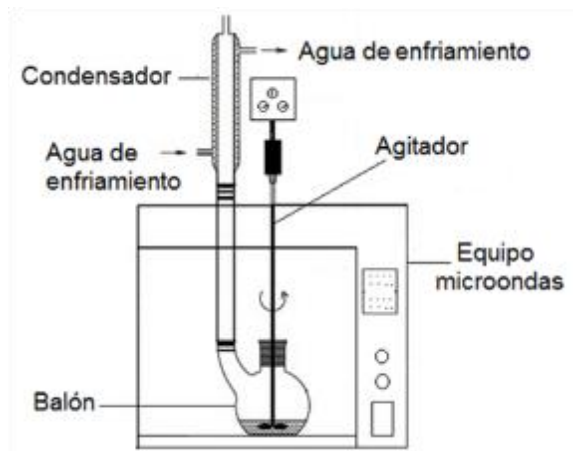
2.3.1.1.4 Extracción asistida por microondas

En comparación con métodos donde el gradiente térmico ocurre desde el medio de calentamiento hacia el interior del material y el calor se suministra a través de la radiación, convección y/o conducción, en la extracción asistida por microondas, se genera dentro del medio irradiado por la interacción molecular, que causa un movimiento de las moléculas por migración de iones y rotación de dipolos que contribuyen a una rápida transferencia de energía al solvente y material vegetal (que contiene el colorante).

Un horno microondas consta principalmente de un magnetrón, que es una válvula de vacío que genera oscilaciones de alta frecuencia, al ser sometidos electrones a un campo eléctrico y magnético convirtiendo la energía eléctrica en microondas, una fuente de alto voltaje como un transformador, una guía de onda para controlar la dirección de las microondas y una cavidad donde el material es expuesto a las microondas, clasificada en monomodo o multimodo (Crecente, 2009).

La extracción asistida por microondas ha generado un interés creciente para su aplicabilidad por la reducción del tiempo del proceso, bajo requerimiento de energía, menor costo de producción, alta eficiencia de extracción y de mejor calidad, adaptable a pequeña y grande escala, permite el acoplamiento en línea de otras etapas del proceso.

Figura 2-8 Equipo utilizado para la extracción asistida por microondas



Fuente: Urango Katty y otros, 2018

2.3.1.1.5 Extracción por degradación de enzimas

Hoffmann (1983) en su patente para la obtención de colorantes naturales, se refiere al uso de las pieles de los granos de color, para la obtención de un colorante en solución o como sustancia seca de tonalidades básicamente rojizas que pueden variar de acuerdo al pH. El método de extracción emplea enzimas, medio ácido y temperatura. (Dománico, 2012).

2.4. Selección del Método a utilizar

El proceso experimental es el de extracción sólida líquida, a continuación, se describen en la Tabla II-1 las ventajas y desventajas de los diferentes procesos de extracción conocidos que fueron descritos en el acápite 2.3.1.1.

Tabla II-1 Ventajas y Desventajas de Métodos de extracción sólido-líquido

Proceso		Viabilidad	Ventajas	Desventajas
Extracción con solvente	Soxhlet	Se dispone del equipo	Tiene gran capacidad de recuperación. Accesible y sencillo de utilizar.	Es un proceso extremadamente lento e imposible de acelerar. Se requiere gran cantidad de disolvente.
	Acuosa en medio alcalino	Se dispone del equipo	Puede utilizarse tanto a escala laboratorio e industrial Tiempos de extracción menores en comparación al Soxhlet.	Se extrae cantidades menores que en el soxhlet. Si la temperatura se eleva demasiado provoca la degradación del compuesto.
	Asistida por microondas	No se dispone del equipo	El tiempo de extracción es mucho menor comparado con el ultrasonido	Si la temperatura se eleva demasiado provoca la degradación del compuesto. Contaminante al medio ambiente.
	Degradación enzimática	No viable	Se obtienen altos rendimientos	No se dispone de las enzimas para la extracción.

Extracción por fluidos supercríticos	No se dispone del equipo	Se trabaja a bajas temperaturas. Eco amigable y no tóxico	Altos costos Requerimiento de equipos especializados.
--------------------------------------	--------------------------	--	--

Fuente: Elaboración Propia

En base a lo expuesto en la tabla se hará el análisis mediante matriz de selección de las alternativas viables, es decir, según los equipos y requerimientos con los que se dispone en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, en este caso:

- Extracción mediante equipo Soxhlet.
- Extracción acuosa en medio alcalino por agitación.

Para la selección se describen los factores sometidos a la siguiente escala de calificación:

Tabla II-2 Criterios de evaluación del proceso

Escala de calificación	Factores de decisión			
	Aplicabilidad del proceso	Tiempo de extracción	Temperatura de extracción	Costo del proceso de extracción
0	No es aplicable para el proceso			
1	Malo para el proceso			
2	Deficiente			
3	Adecuado			
4	Bueno			
5	Muy Bueno			

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla II-2 se observa la escala de calificación para evaluar cada uno de los factores de decisión .

Tabla II- 3 Matriz de selección del proceso de extracción sólido- líquido para la obtención de colorante natural de tegumento de maní

	A	B	C	D		E	F	
#	Valor en %	Factor de decisión	Calificación según Tabla II-2	Calificación Método de extracción Acuosa en medio alcalino con agitación		Calificación según Tabla II-2	Calificación Método de extracción Soxhlet	
				D1	D2		F1	F2
				C/5	D1*A		E/5	F1*A
1	20	Aplicabilidad del proceso	5	1	20	5	1	20
2	30	Tiempo de extracción	4	0,8	24	3	0,6	18
3	20	Temperatura de extracción	3	0,6	12	3	0,6	12
4	30	Costos del proceso de extracción	5	1	30	3	0,6	18
5	100	TOTAL	Resultado	86		Resultado 68		

Fuente: Elaboración Propia

La matriz nos muestra que el mayor puntaje es 86 sobre un total de 100 , el cual corresponde a la extracción acuosa en medio alcalino con agitación.

2.5. Análisis y Selección del Proceso de extracción

Se lleva a cabo el proceso de extracción acuosa en medio alcalino cuya autoría se atribuye al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), de Argentina.

En el proceso empleado, para la extracción de colorante natural hecho de tegumento de maní, se basa en una extracción Sólido-Líquido en medio alcalino; donde se extrae la parte insoluble de la piel de maní para transformarla en un colorante en polvo.

El producto final alcanza una mayor estabilidad retención en las prendas teñidas. Si bien a nivel mundial existe una fuerte tendencia de producir pigmentos naturales a partir de diversas especies, que van desde el girasol hasta la hierba buena, la técnica utilizada no garantiza que la tinta perdure en las telas. otros pigmentos similares disponibles en el mercado.

Los pasos a seguir son:

- Extracción acuosa en medio alcalino.

- Separación del residuo por filtración a través de elementos filtrantes (previo agregado de ayuda filtrante).

- Precipitación del colorante ya sea por el agregado de ácidos, o de solventes miscibles con el agua o por el uso de fuerza iónica.

- Una vez precipitados se filtra, se descarta el líquido y el sólido se seca. Esta etapa de secado puede llevarse a cabo en estufa a vacío (a temperaturas que no superen los 60 °C), mediante secado por spray, o por liofilizado.

2.5.1 Métodos operativos del proceso para la extracción sólido-líquido

2.5.1.1 Método gravimétrico para el Pesado

Para la preparación de la muestra se selecciona la materia prima (tegumento de maní) adecuada, separando lo que se consideraba material de partículas extrañas tales como tierra, hojas, cáscaras etc.; se continuó con el pesado en una balanza analítica que es un instrumento que sirve para pesar o más exactamente para medir masa.

2.5.1.2 Molienda

Se utiliza este método para reducir el tamaño de las partículas y que así exista una mayor superficie de contacto para esto se utiliza un molino.

2.5.1.3 Método de Granulometría por tamizado

Se realiza este método para optimizar el proceso al momento de realizar la mezcla y agitación, es decir, para lograr una mayor extracción del colorante se trabaja con un tamaño de partícula uniforme.

Una forma de medir tamaños de partícula es haciéndolas pasar por mallas o tamices de distintas aperturas.

Utilizando una serie de tamices de aperturas decrecientes apilados se consigue fraccionar el sistema en muestras de distintos tamaños de grano. Lo que queda retenido en un tamiz tiene un tamaño de partícula comprendido entre la apertura de dicho tamiz y la del tamiz inmediatamente anterior.

Determinar el número de partículas en cada tamiz es muy complicado cuando el tamaño es pequeño, por lo que se utiliza la masa retenida. Pesando lo que ha retenido cada tamiz se obtiene el porcentaje en peso de material para cada intervalo de tamaños.

2.5.1.4 Mezcla

A través de la mezcla de los reactivos se logra la extracción del producto deseado, para este método sólo se requiere una varilla de vidrio.

2.5.1.5 Agitación

Se utiliza para lograr que los componentes se hayan mezclado correctamente y así el rendimiento del proceso sea mayor.

Para esto se utiliza el equipo llamado agitador, logrando así extraer de gran forma el color que se encuentra presente en el tegumento.

2.5.1.6 Filtración

Con el fin de separar el precipitado formado en la solución, para generar el vacío se utiliza una bomba de vacío.

2.5.1.7 Secado

Este método es importante para facilitar el manejo del colorante obtenido, y así evitar que el mismo se degrade al contener humedad, se utiliza para esto una estufa de vacío durante un tiempo apropiado.

El cálculo final que se ha de aplicar es:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(M - m) \cdot 100}{M}$$

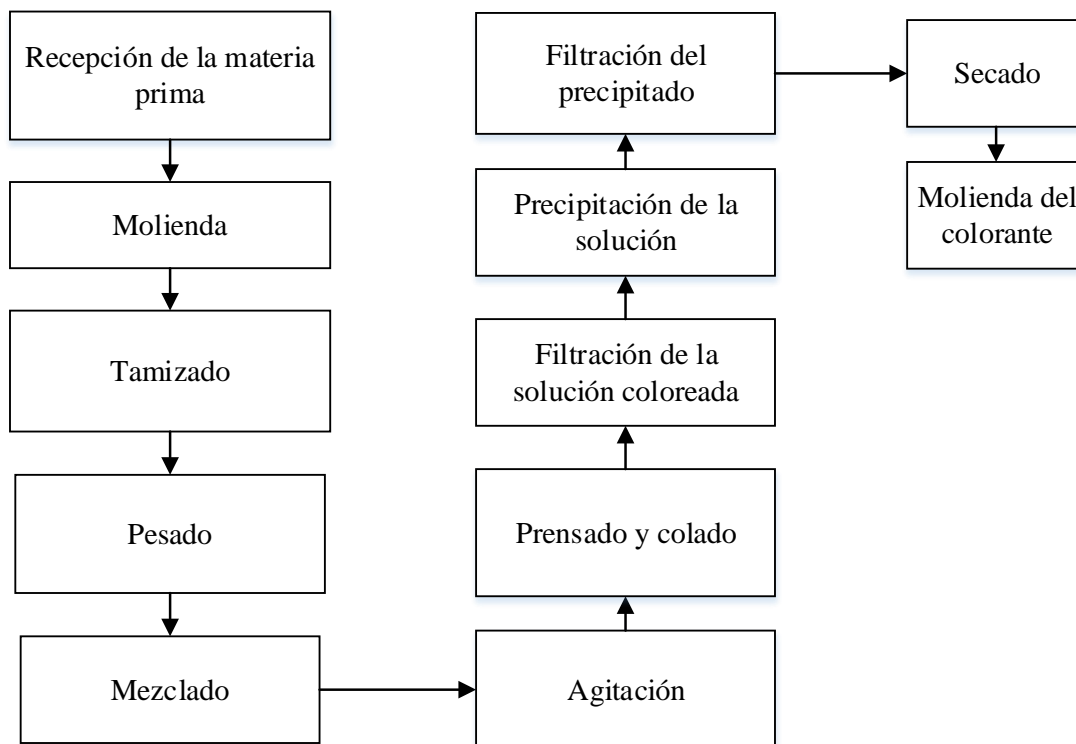
Siendo:

M = masa inicial, en gr de la muestra.

m = masa, en gr de la muestra seca

Mediante el siguiente diagrama de bloques se resume la secuencia de los métodos a llevar a cabo:

Figura 2-9 Diagrama de bloques del método de extracción sólido- líquido para la obtención del colorante natural de tegumento de maní



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III

PARTE EXPERIMENTAL

CAPÍTULO III

PARTE EXPERIMENTAL

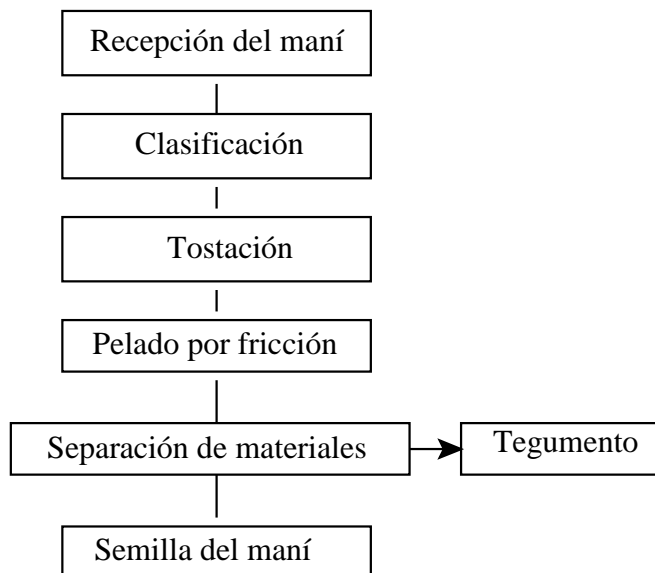
La parte experimental de la investigación para la “Obtención experimental de colorante natural en polvo a partir de tegumento de maní (*Arachis hypogaea*)” se realizó en los ambientes del Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de la Carrera de Ingeniería Química, en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) y en el Instituto de Investigaciones Químicas (IIQ) de la Universidad Mayor de San Andrés.

3.1 Descripción y análisis de la materia prima: tegumento de maní

El tegumento de maní es un subproducto del proceso de pelado del fruto de *Arachis hypogaea*, que deriva de la eliminación del tegumento, que no tiene valor comercial a pesar de su alto contenido en polifenoles compuestos activos que incluyen flavonoides, ácidos fenólicos, Fito esteroides, alcaloides, y estilbenos (Larrauri, 2013). Por su parte, numerosos autores han publicado efectos terapéuticos derivados de la utilización de extractos polifenólicos obtenidos del tegumento de maní, como antioxidante, antibacteriano, antifúngico e antiinflamatorio (Oldoni y otros, 2016).

La materia prima fue proporcionada por una industria peladora de maní tostado ubicada en la ciudad de Villa Montes, ya que según Almanza (2017), las pieles tostadas son bastante estables debido a que, a pesar de estar a altas temperaturas, no presentan cambios en su estructura química; la variedad de maní utilizado en los ensayos es el colorado ya que según Chukwumah, Walker, y Verghese (2009) el enrojecimiento y el ángulo de matiz de la piel de maní tienen fuertes correlaciones con el contenido total de polifenoles totales capacidad antioxidante, lo que sugiere que el ángulo de matiz de la piel de maní se puede utilizar como biomarcador del contenido total de polifenoles.

La Figura 3-1 muestra un proceso para la obtención de la piel de maní.

Figura 3-1 Obtención de la piel del maní

Fuente: Ramírez y otros, 2015

Una parte considerable de la producción de maní, se destina para el proceso de tostado que consiste en la extracción del tegumento del grano. Como residuo queda un 3% que corresponde al tegumento del grano del maní. (Nepote L., 2011).

Dentro de los componentes que se encuentran presentes en el tegumento de maní, se observa en la Tabla III-1.

Tabla III- 1 Composición química del Tegumento de Maní (%)

	Blancheado	Tostado
Materia Grasa	17,04	23,66
Proteína	15,65	15,06
Humedad	10,78	9,21
Cenizas	2,41	3,34
Fenoles Totales	12,11	7,67

Fuente: Larrauri y otros, 2013

Según fuente citada existe un porcentaje del 12,11 que corresponde a los fenoles totales que es el principal aporte para obtener el colorante. (Álvarez y Luzón, 2013)

3.1.1 Caracterización física y química de la materia prima: tegumento de maní (*Arachis hypogaea*)

El tegumento de maní es consumido como parte del alimento en diversas partes del mundo sin efectos adversos, siendo calificado como un producto GRAS (*Generally Recognized as Safe*) que puede ser usado para aromatizar y conservar alimentos debido a su efecto no tóxico en el organismo (Prakash, 2015). Dentro de sus propiedades, el extracto de tegumento de maní posee actividad antioxidante, es decir, reduce la oxidación y degradación de los alimentos; esta es mayor que de la vitamina C y de la vitamina E (Goktepe, 2005), siendo sugerido que presentaría potencial para prevenir la oxidación lipídica.

Normalmente unos leves tratamientos térmicos (<135 °C, 15 minutos) pueden aumentar aún más la capacidad antioxidante de la piel de maní. Así las pieles de maní generadas por los procesos industriales exigen poco o ningún tratamiento térmico para maximizar la extracción de los compuestos bioactivos que contienen. (Davis, 2010).

3.1.1.1 Compuestos fenólicos

La actividad antioxidante de muchos compuestos naturales se atribuye a la presencia de polifenoles en los tejidos de las plantas siendo importantes para el crecimiento y desarrollo de las mismas al proporcionar un mecanismo de defensa contra las infecciones y lesiones. Los polifenoles están presentes en una amplia variedad de vegetales, tales como en semillas de oleaginosas, cereales, hortalizas, hojas, raíces, especias, hierbas y bebidas como el té y el vino (Larrauri, 2013).

Los fenoles pueden ser pigmentos, o productos del metabolismo secundario normalmente derivado de reacciones de defensa de las plantas contra agresiones del

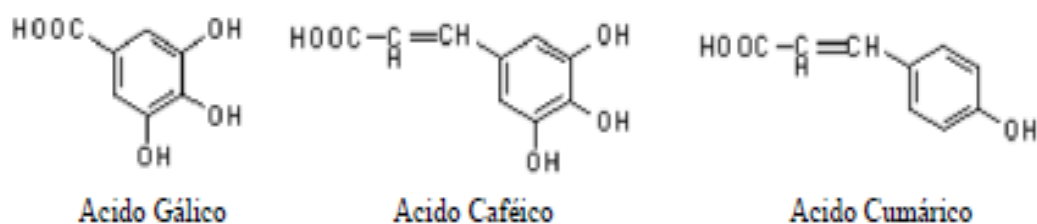
ambiente. Estos compuestos actúan como antioxidantes, debido a que sus radicales intermediarios estables, impiden la oxidación de varios ingredientes del alimento, principalmente de lípidos. (Brand, 2005).

Los compuestos fenólicos son definidos como sustancias que poseen un anillo aromático con uno o más sustituyentes hidroxílicos, incluyendo sus grupos funcionales.

Entre los polifenoles que vienen siendo identificados están los ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos y aceites volátiles, el tegumento de maní es una fuente de compuestos fenólicos, por tanto, su oscurecimiento de acuerdo con la intensidad de tostación, que está asociado a la polimerización de estos.

3.1.1.1.1 Ácidos fenólicos: actúan generalmente como antioxidantes que capturan radicales libres (Figura 3-2). Estos compuestos tienen la capacidad de donar electrones, lo que estaría relacionado con el retraso en rancidez de los sustratos (Medina, 2007).

Figura 3-2 Ácidos Fenólicos

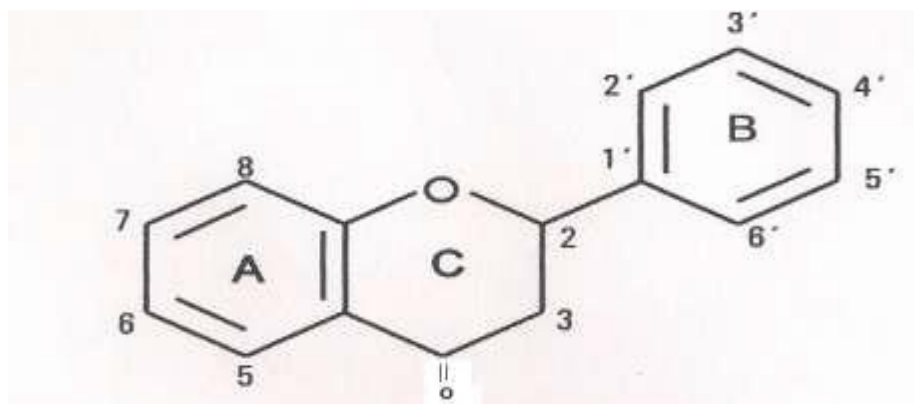


Fuente: Larraruri 2013

3.1.1.1.2 Flavonoides: constituyen la clase más grande de compuestos polifenólicos y se pueden dividir en varias subclases incluyendo flavanoles, flavanonas, flavonas, antocianidinas y flavonoles. La característica común de los flavonoides es la estructura básica flavan 15-carbono (Figura 3-3). Estos átomos de carbono están dispuestos en

tres anillos (A, B y C) y las diferentes clases de flavonoides difieren en el nivel de saturación del anillo C. Asimismo, los compuestos individuales dentro de cada clase difieren en el patrón de sustitución de los anillos A y B que influyen en la estabilidad del radical fenoxilo y, por consiguiente, en las propiedades antioxidantes de las sustancias (Larrauri, 2013).

Figura 3-3 Estructura de los flavonoides



Fuente: Larrauri, 2013

Las antocianinas son glucósidos polihidroxi o polimetoxi derivados del catión flavilio. La hidrólisis de las mismas produce una aglicona, las antocianidinas. Antocianinas y antocianidinas presentan la misma coloración debido a la extrema movilidad de los electrones dentro de la estructura molecular (dobles enlaces) en respuesta a la luz del espectro visible (400 a 700 nm). Estos pigmentos son bastante solubles en agua y los cuatro grupos -OH están unidos a los anillos aromáticos. El pH influye significativamente sobre los pigmentos de las antocianinas. Los grupos -OH pueden donar un H⁺ o un H• (en condiciones ácidas) a los lípidos para protegerlos de la oxidación.

Las proantocianidinas también contienen múltiples grupos -OH que pueden donar moléculas de hidrógeno y quelar metales. La capacidad de capturar radicales libres

aumenta a medida que el número de -OH fenólicos es mayor. Algunos fenoles pueden polimerizarse a polifenoles y unirse a diferentes minerales.

Las proantocianidinas que se encuentran en diferentes frutas (manzanas, cerezas, frambuesas, moras, frutillas); en hojas (té) y semillas (uva, sorgo, soja) han demostrado una alta actividad antioxidante con potenciales efectos terapéuticos (Brannan, 2008).

3.1.1.1.3 Resveratrol (trans-3,5,4 tri-hidroxiestilbeno) se ha identificado como el mayor estilbeno activo dentro de las fitoalexinas. El resveratrol presenta propiedades antibacterianas y antifúngicas en los alimentos.

3.1.1.2 Evaluación Física y química de la materia prima: tegumento de maní (*Arachis hypogaea*)

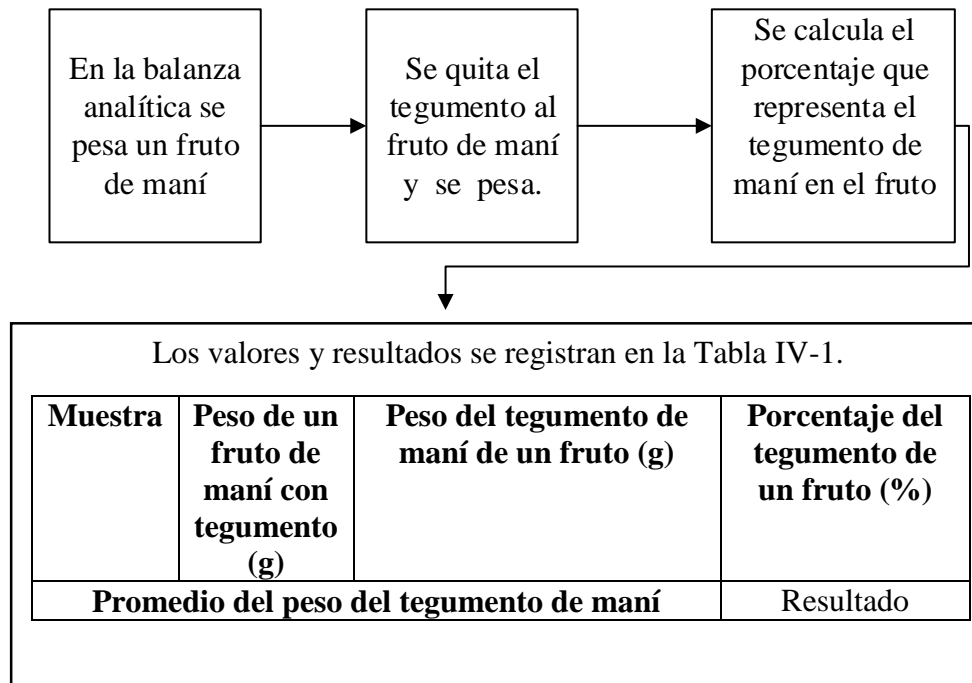
Se evaluaron las siguientes características:

- Peso
- Sólidos solubles (°Brix)
- Porcentaje de humedad (%)

3.1.1.2.1 Determinación del Peso

En la Figura 3-4 se muestra el esquema del proceso para determinar el peso del tegumento de maní.

Figura 3-4 Esquema del proceso para determinar el peso del tegumento de maní.

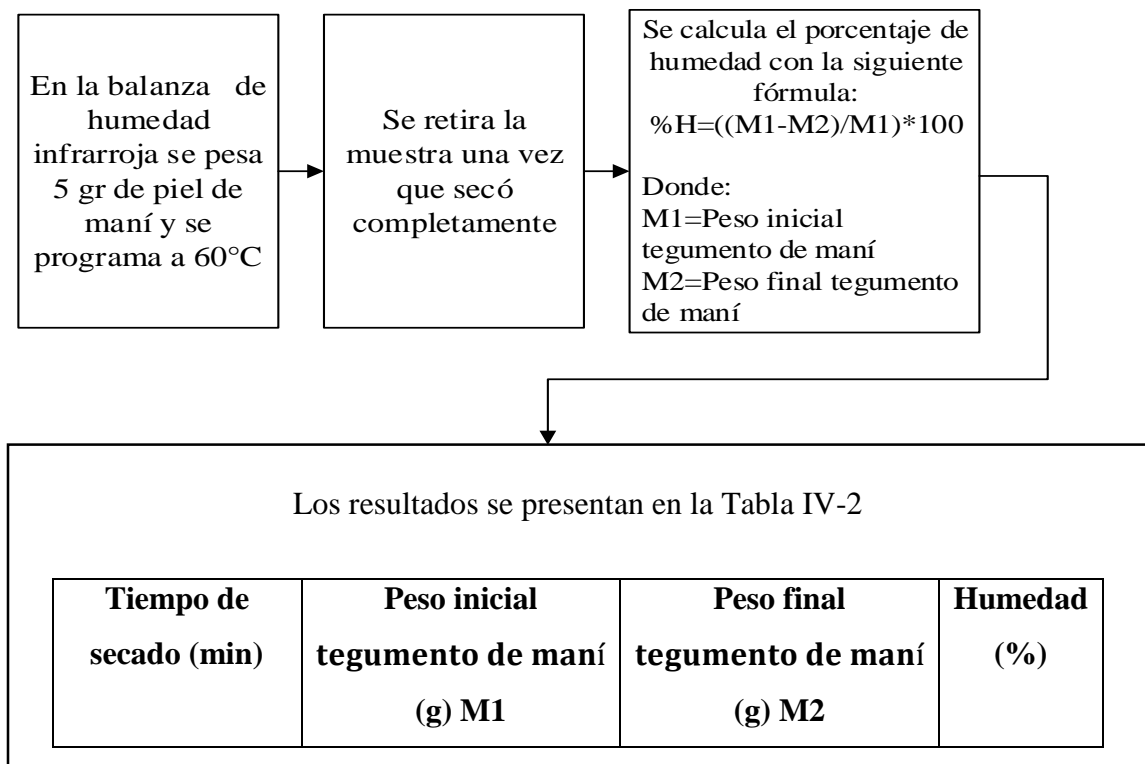


Fuente: Elaboración Propia

3.1.1.2.2 Determinación de la Humedad

El procedimiento se describe en la Figura 3-5 a continuación:

Figura 3-5 Esquema del proceso de determinación de humedad



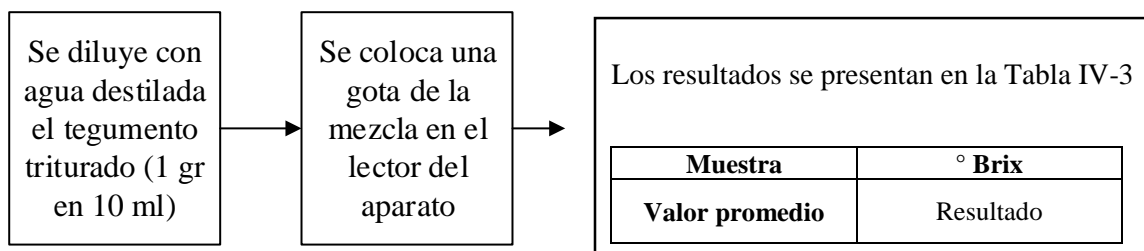
Fuente: Elaboración Propia

3.1.1.2.3 Determinación de los Sólidos solubles (°Brix)

Los °Brix permiten establecer el contenido de sólidos solubles presentes en la muestra.

Se siguen los pasos mostrados en la Figura 3-6:

Figura 3- 6 Esquema del proceso para determinar los Sólidos Solubles del tegumento de maní



Fuente: Elaboración Propia

3.1.1.2.4 Análisis en Laboratorio del tegumento de maní

Se realizó la solicitud de análisis de los parámetros Materia Grasa, Proteínas Totales, Humedad y Cenizas en el Laboratorio CEANID; mientras que Fenoles Totales se realizó en el Instituto de Investigaciones Químicas (IIQ) de la Universidad Mayor de San Andrés ubicado en la ciudad de La Paz.

Los resultados se presentan en: Tabla IV-4 y en el ANEXO 2.

3.1.3 Descripción del método de investigación

En las industrias peladoras de maní los residuos generados, como la piel de maní y cáscaras que pueden ser utilizados como materia prima para distintas aplicaciones como ser suplemento para animales, complemento para alimentos como ser en mantequilla de maní. La presente investigación brinda una alternativa para el aprovechamiento de estos residuos, específicamente de la piel de maní para la extracción de un colorante.

3.1.3.1 Métodos y Materiales

3.1.3.1.1 Reactivos empleados durante el proyecto

Los reactivos a utilizar son:

Tabla III -2 Reactivos empleados

Sustancia	Pureza
Agua destilada	Tipo IV
Hidróxido de sodio	90 - 99%
Cloruro de sodio	99 %
Etanol	96 %

Fuente: Elaboración Propia

Los cuales se adquieren con recursos propios.

3.1.3.1.2 Materiales y Equipos empleados

Los equipos y materiales se encuentran disponibles en el Laboratorio de Operaciones Unitarias.

En la Tabla III- 3 se observan los procedimientos, técnicas empleadas y los materiales y equipos que se requiere.

Tabla III-3 Requerimiento de equipos y materiales

ETAPAS DE LA EXPERIMENTACIÓN	OPERACIÓN	PARÁMETROS A MEDIR	MATERIALES	EQUIPOS
Recepción de materia prima	Pesado	Masa	Espátula metálica	Balanza Analítica Giber EU 1000* Capacidad:1000gr
	Molienda	Masa	Espátula metálica, recipientes y guantes	Molino ALRESA Temperatura ambiente :2-40 °C 60 Hz; 270 RPM; 2,3 A ; 250 W
	Tamizado y Granulometría	Masa y Tamaño	Recipiente y guantes	Tamizador ALRESA Velocidad: 2500 R.P.M. Consumo:0.5A; 100W

ETAPAS DE LA EXPERIMENTACIÓN	OPERACIÓN	PARÁMETROS A MEDIR	MATERIALES	EQUIPOS
Extracción acuosa en medio alcalino	Mezcla	masa y volumen	Matraz de vidrio, Probeta vidrio, espátula de vidrio	PH-metro CRISON PH25 Temperatura de trabajo:0-50 °C Agitador Mecánico Potencia de agitación: 280-2500rpm
	Agitación	temperatura y tiempo	Vaso de precipitación	
	Filtración y Prensado	Concentración	Embudo, Tela fina tipo gasa	Prensa manual adaptada

ETAPAS DE LA EXPERIMENTACIÓN	OPERACIÓN	PARÁMETROS A MEDIR	MATERIALES	EQUIPOS
Precipitación del colorante y Separación del precipitado	Filtración Extracción	Concentración	Vaso de precipitación, Embudo Büchner, Matraz kitasato, Papel filtro	Bomba de vacío
Secado del colorante precipitado	Secado y Molienda	temperatura	Bandeja de acero para la estufa	Termómetro
		tiempo	Espátula de metal	Cronómetro
		masa	Mortero de porcelana	Estufa de vacío Consumo :600 W Temperatura máxima: 250 °C
				- Analizador de humedad eléctrico SARTORI MA100 - Rango de Temperatura: 30-200 °C - Capacidad: 100gr

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4. Diseño experimental

La experimentación se debe planificar considerando dos aspectos importantes: Seleccionando la estrategia experimental óptima que permita obtener la información buscada con el mínimo coste y evaluando los resultados experimentales obtenidos, garantizando la máxima fiabilidad en las conclusiones que se obtengan.

El diseño experimental del presente estudio es realizado en el proceso de extracción de colorante natural de tegumento de maní mediante un diseño factorial 2^k .

3.1.4.1 Diseño Factorial 2^k

Para el proceso de obtención de colorante de tegumento de maní, es necesario conocer que variables que influyen en el sistema y como afectan. Primero se recoge en una lista todas las variables que podrían influir en la respuesta. A continuación, se realizan una serie de experimentos en las cuales se fijan las variables que interesan modificar, se anota el valor de las que no se puede controlar, y se varían las restantes. Finalmente, se obtiene la información comparando la variación de las respuestas entre experimentos.

3.1.4.2 Factores que afectan al proceso de extracción de colorante natural de tegumento de maní.

El proceso de extracción de colorantes naturales tiene diferentes variables (factores), que intervienen en este, las cuales determinan la eficiencia de la extracción realizada. Según lo encontrado en la bibliografía hay diversas variables que influyen directamente entre ellas se encuentran:

- La relación sólido solvente 1:5, ya que esta facilita un mejor contacto entre el solvente y el material pulverizado.
- El solvente seleccionado, en este caso la solución de hidróxido de sodio.

Durante la realización de los experimentos preliminares, se encontró que las variables de más peso eran: la granulometría, la cantidad de solvente para la precipitación y la temperatura de secado.

a) Granulometría. - Esta variable es importante para optimizar el proceso al momento de realizar la mezcla y agitación, es decir para lograr una mayor extracción del colorante se trabaja con dos tamaños y cada muestra con tamaño de partícula uniforme.

b) Cantidad de solvente: Un solvente o disolvente es una sustancia en la que se diluye un soluto, resultando en una solución; normalmente es el componente de una solución presente en mayor cantidad. (Holler F., 2008).

Esta variable se utiliza para lograr que el colorante presente en la solución precipite. En esta etapa se investigó la influencia de la cantidad del solvente (etanol) sobre la cantidad de precipitado formado.

c) Temperatura de secado: Se investigó la influencia de la temperatura de secado en la velocidad de secado, tomando en cuenta lo expuesto por Aranda Emilio, 2016.

Es importante que la temperatura de secado sea menor o igual a los 60°C para que no afecte o degrade las propiedades del colorante (Instituto Nacional De Tecnología Industrial, 2012).

3.1.4.3 Variable respuesta

La variable respuesta es la cantidad de colorante obtenido por masa de tegumento de maní.

3.1.4.4 Número de combinaciones

En el presente trabajo se realiza un diseño factorial, en el cual se tiene 3 factores, a 2 niveles cada uno, con 2 repeticiones, para encontrar las condiciones óptimas que permiten obtener el mayor rendimiento en la obtención del colorante.

- Factor 1: Granulometría.
- Factor 2: Cantidad de solvente.
- Factor 3: Temperatura de secado.

$$N^{\circ}\text{experimentos} = (N^{\circ}\text{ niveles})^k * N^{\circ}\text{ repeticiones}$$

$$N^{\circ}\text{experimentos} = (2)^{3*2}$$

$$N^{\circ}\text{experimentos} = 16 \text{ experimentos}$$

A continuación, en la Tabla III-4 se detalla los niveles alto y bajo que tiene cada factor:

Tabla III-4 Factores y Niveles del experimento

Factores o Variables	Niveles	
	Bajo (-)	Alto(+)
Factor 1: Granulometría.	1 mm	2 mm
Factor 2: Cantidad de solvente	400 ml	600 ml
Factor 5: Temperatura de secado	40 °C	60° C

Fuente: Elaboración Propia

Tabla III-5 Plan de experimentación para cada repetición

Repetición	Granulometría.	Cantidad de solvente	Temperatura de secado
1	1	400	40
2	2	400	40
3	1	600	40
4	2	600	40
5	1	400	60
6	2	400	60
7	1	600	60
8	2	600	60

Fuente: Elaboración Propia

Tabla III-6 Matriz de diseño para cada repetición

Repetición	Granulometría.	Cantidad de solvente	Temperatura de secado
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1

Fuente: Elaboración Propia

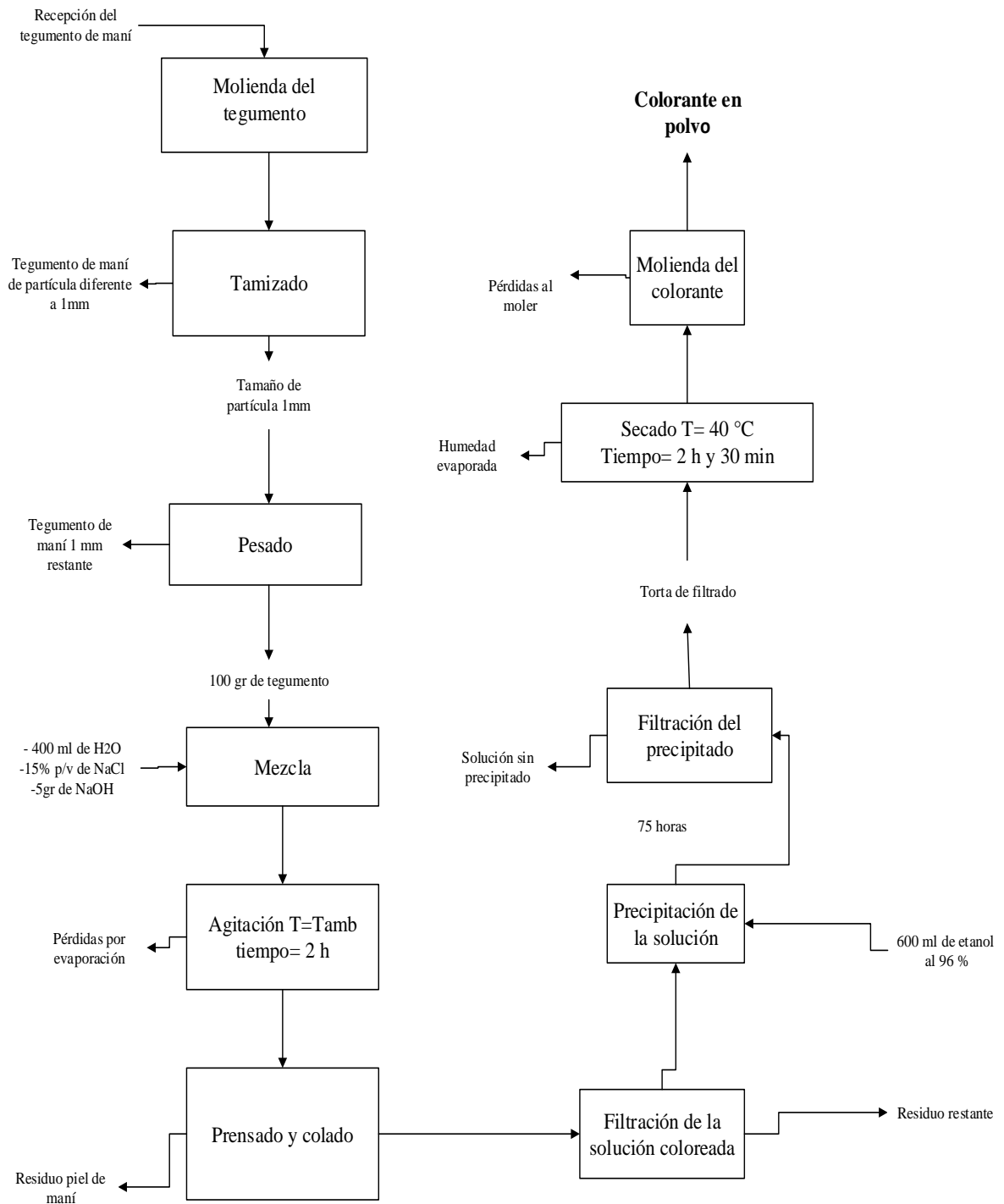
3.1.5 Caracterización del Producto: Colorante natural en polvo del tegumento de maní (*Arachis hypogaea*).

La caracterización consiste en la determinación de las propiedades del colorante. Mediante una extracción a nivel de laboratorio se obtiene un colorante natural en polvo que cumpla con las características que lo hacen ser colorante, esto quiere decir que este colorante debe ser capaz de fijarse en otras sustancias y dotarlas de color,

3.1.5.1 Proceso de obtención del colorante natural de tegumento de maní

Se adopta el método planteado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Los pasos a seguir se muestran en la Figura 3-7

Figura 3-7 Diagrama de bloques del proceso de extracción sólido- líquido para la obtención del colorante natural de tegumento de maní



Fuente: Elaboración propia

3.1.5.2 Descripción del proceso para la obtención del colorante natural en polvo

3.1.5.2.1 Recepción de materia prima

Para la experimentación y obtención del producto (colorante de tegumento de maní), la materia prima (tegumento de maní), se la obtuvo mediante una tostadora de maní ubicada en la ciudad de Villa Montes. Del tegumento obtenido se realiza una separación manual de las impurezas que contenía.

Figura 3-8 Tegumento de maní obtenido de la peladora



Fuente: Elaboración Propia

3.1.5.2.2 Molienda

La materia prima (tegumento de maní), se debe reducir mediante la molienda, en este caso se utiliza un molino de discos para realizar la operación mencionada.

3.1.5.2.3 Tamizado

Después de la molienda del tegumento se procede a realizar el tamizado del mismo, en el juego vibrador de tamices, todo esto se lo hace a manera de optimizar el proceso al momento de realizar la mezcla y agitación, es decir, para lograr una mayor extracción

del colorante, permitiendo una mayor área de contacto entre el solvente y el tegumento. El tamaño de partícula se determinó de la siguiente manera:

- Se pesa el tegumento de maní recolectado.
- Se arma el vibrador de tamices, colocando en la parte más baja el fondo de tamiz o colector y se colocaron los tamices en el orden según abertura de las mallas de arriba hacia abajo de mayor a menor.
- En el primer tamiz de arriba se introduce el tegumento pesado y se asegura la tapa del equipo.
- Se hace funcionar el bastidor con los tamices por unos 15 minutos, hasta que ya no pasa material a través de estos y se pesa el material retenido en cada malla.
- Se anotan los pesos como porcentajes de masa inicial del tegumento de maní.

Figura 3-9 Juego de tamices usado en la determinación de la materia prima



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del tamizado como clasificación del tegumento de maní por tamaño de partícula se presentan en la Tabla IV-5.

3.1.5.2.4 Pesado

Una vez que se realiza el tamizado se procede a pesar con exactitud la materia prima (tegumento de maní), utilizando para ello una espátula de metal, un recipiente y una balanza, se utilizan 100 gr de la misma para realizar la práctica.

3.1.5.2.5 Mezcla

Se procede a realizar la mezcla utilizando las siguientes sustancias:

- ✓ 100 gr de tegumento de maní.
- ✓ 400 ml de agua destilada.
- ✓ 100 ml de cloruro de sodio (NaCl) al 15% p/v
- ✓ 5 gr de Hidróxido de sodio (NaOH)

Las cantidades utilizadas fueron planteadas en la patente del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

- El agregado de NaOH tiene el fin de realizar una extracción acuosa en medio alcalino: Al agregar un álcali acuoso (NaOH), forma sales del álcali solubles en agua, lo cual hace posible extraer fácilmente el colorante.

-El NaCl se añade con el fin de aumentar la fuerza iónica de la solución y facilitar la separación de las sustancias coloreadas.

Luego se coloca esta mezcla en un frasco de vidrio amplio para su posterior agitación.

Figura 3-10 Mezcla obtenida



Fuente: Elaboración Propia

3.1.5.2.6 Agitación

Una vez lista la mezcla, se la coloca en un recipiente cerrado para someterla a agitación por un tiempo de 2 horas y a una temperatura ambiente de 25°C, para esto, se utiliza un agitador mecánico de paletas, logrando así que el color que se encuentra presente en el tegumento, se separe en la solución.

3.1.5.2.7 Prensado

Debido a que la mezcla obtenida resulta ser bastante espesa para lograr extraer toda la solución coloreada contenida en el tegumento se realiza un prensado en prensa manual y posteriormente con un colador se separan los restos de tegumento.

3.1.5.3.8 Primera Filtración

La mezcla se filtra por el método de lixiviación, para esto se utiliza una tela de gaza y se logra separar y descartar los restos de piel que quedaron por el prensado, además de los sólidos suspendidos que se encuentran presentes en la solución coloreada.

3.1.5.2.9 Precipitación

Luego de filtrar la mezcla tenemos la solución coloreada, esta se la coloca en un recipiente cerrado y se procede a tratarla vertiendo etanol, se la deja en reposo por un tiempo de 75 horas para lograr que el colorante presente en la solución precipite y después separarlo mediante filtración.

Figura 3-11 Solución coloreada



Fuente: Elaboración Propia

3.1.5.2.10 Segunda Filtración

Luego de transcurrido el lapso de las 75 horas, se realiza otra filtración, pero esta vez al vacío con el objeto de separar el precipitado formado en la solución, para esto se utiliza un matraz kitasato, embudo de Buchner de porcelana y papel filtro, quedando el precipitado en el papel filtro para después pasarlo a secar.

Figura 3-12 Torta de filtración obtenida



Fuente: Elaboración Propia

3.1.5.2.11 Secado

Por tratarse de un producto natural, la etapa de secado es delicada, ya que las altas temperaturas a las que puede verse sometido el colorante pueden alterar su composición química, al eliminar sustancias termolábiles, lo que puede reducir la calidad del color que se obtiene en el producto final

El precipitado se lo coloca en un recipiente amplio en forma de bandeja para realizar de manera eficiente y uniforme la operación de secado, esta operación se la lleva a cabo en un secador al vacío, es importante que la temperatura de secado no sobrepase los 60°C para que no afecte o degrade las propiedades del colorante.

Figura 3- 13 Equipo utilizado para secar el colorante

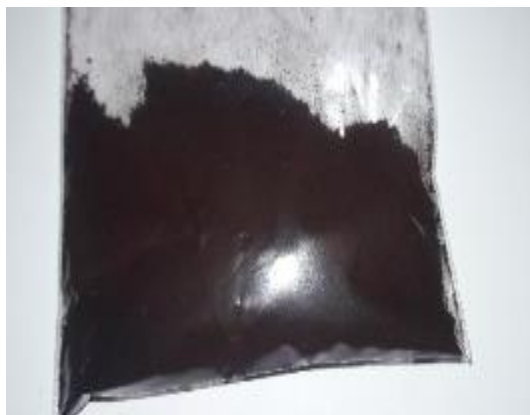


Fuente: Elaboración Propia

3.1.5.2.12 Molienda del colorante

Una vez retirado el colorante de la estufa completamente seco, se procede a molerlo para darle la apariencia física de un colorante en polvo, en este caso se utilizó un mortero y pilón.

Figura 3- 14 Colorante obtenido



Fuente: Elaboración Propia

3.1.5.2.13 Producto final

Una vez obtenido el producto se lo coloca en una bolsa de plástico de polietileno de cierre hermético y se almacena en un lugar oscuro evitando que sea de ambiente húmedo.

3.1.5.3 Análisis del Producto obtenido: colorante natural de tegumento de maní

La extracción del colorante se realizó considerando los parámetros óptimos determinados en el diseño de experimentos, donde se realizó una extracción para 100 gr de tegumento de maní, 600 ml de etanol al 96 % y secado a 40 ° C por 2 horas y 30 minutos.

3.1.5.3.1 Secado

El secado del colorante obtenido se realizó por medio de un secador a vacío, variando las temperaturas de secado en 2 niveles. Se procedió como se describe a continuación: Primeramente, se pesó la bandeja en la cual se secó el colorante, seguidamente se programa el secador a 40 °C, una vez que el termómetro indica que se llegó a esta temperatura se introduce el colorante húmedo distribuido uniformemente en la bandeja.

En intervalos de tiempo de 15 minutos se saca la muestra para registrar la pérdida de peso hasta que ya no se observaban pérdidas de peso entre las últimas mediciones. Los resultados se muestran en la Tabla IV-6.

3.1.5.3.2 Determinación de la humedad en el producto final: colorante de tegumento de maní

Para esto se utilizó un secador infrarrojo y se procedió de la siguiente forma:

- Se pesó el platillo de aluminio para colocar la muestra.
- Se pesó una muestra de 5 gr del colorante.
- Se colocó la muestra a una temperatura de 60°C.
- Retiramos la muestra luego que este estuvo completamente seca.

Los resultados se muestran en la Tabla IV-8.

Figura 3-15 Analizador de Humedad infrarrojo



Fuente: Elaboración Propia

3.1.5.3.3 Ensayos físico-químicos

Estos ensayos son importantes ya que permiten reconocer variables fundamentales en el comportamiento de los mismos, como por ejemplo su sensibilidad al pH, cambios de color o tonalidad por variaciones en la temperatura, la solubilidad utilizando distintos solventes y muchas otras más.

3.1.5.3.3.1 Análisis en Laboratorio del Colorante.

Se realizó la solicitud de análisis de los parámetros Materia Grasa, Proteínas Totales, Humedad y Cenizas en el Laboratorio CEANID; mientras que Fenoles Totales se realizó en el Instituto de Investigaciones Químicas (IIQ). Los resultados se presentan en: Tabla IV-9 y en el ANEXO 2.

3.1.5.3.4 Ensayos para su identificación

Son muy importantes ya que permiten conocer los tipos de estructuras moleculares presentes en un colorante natural, que en algunos casos resultan de composición compleja, es posible realizar dichos ensayos mediante el empleo de tecnología avanzada como la espectrofotometría y la cromatografía en sus múltiples variantes.

3.1.5.3.4.1 Análisis Espectrofotométrico de Fenoles totales

Los compuestos fenólicos exhiben una fuerte absorbancia en la región ultravioleta (UV). La absorbancia se produce por la estructura de anillo aromático y, a menudo es 280 nm para muchas estructuras fenólicas. La absorbancia se debe a transiciones electrónicas y la exploración de un compuesto fenólico producirá los espectros de absorción UV correspondiente, la espectroscopia UV ofrece un enfoque relativamente simple para detectar la presencia de compuestos fenólicos los cuales tienen como valores de sus máximos característicos (Holser Ronald, 2012).

A continuación, se presenta en la Tabla III-7 los máximos característicos de un importante grupo de compuestos fenólicos que son los flavonoides, mismos que fueron utilizados como referencia para determinaciones experimentales realizadas en El Salvador el año 2010.

Tabla III-7 Máximos característicos de los distintos grupos de flavonoides

Banda II (nm)	Banda I (nm)	Tipo de flavonoides
250-280	310-350	Flavonas
250-280	330-360	Flavonoles (3-OH sustituido)
250-280	350-385	Flavonoles (3-OH libre)
245-275	310-330 h	Isoflavonas (5-deoxi-6,7-dioxi)
275-295	300-330 h	Isoflavonas (dihidroflavonoles)
230-270 (Baja intensidad)	340-390	Chalconas
230-270 (Baja intensidad)	380-430	Auronas
270-280	465-560	Antocianidinas-antocianinas

Fuente: Trujillo Susan, 2010

3.1.5.3.5 Control de calidad del producto obtenido: Colorante de tegumento de maní

Las sustancias que se utilizan como colorantes en alimentos deben cumplir con unos requisitos básicos con el fin de prevenir riesgos para la salud de los consumidores. En esencia, deben ser inocuos; constituir una especie química definida y pura; tener gran poder de tinción con objeto de utilizar la mínima cantidad posible; ser fácilmente incorporables al producto; ser lo más estables posibles a la luz, al calor, a los cambios de pH y a los agentes oxidantes y reductores; poseer compatibilidad con los productos que debe teñir; no poseer olor ni sabor desagradables con el fin de no variar las características del alimento que se colorea; y ser lo más económicos posible.

Los anteriores requisitos no siempre se cumplen, especialmente si se trata de colorantes naturales, pues estos se ven afectados por la luz, el calor, el pH, los agentes oxidantes y reductores y los periodos de almacenamiento. No sucede lo mismo con los colorantes artificiales, que son sustancias muy estables frente a la luz y el calor.

Sobre su inocuidad, cabe señalar que, aunque muchos de ellos se utilicen desde hace siglos, todavía no se sabe lo suficiente sobre sus consecuencias en el ser humano. De hecho, muchos se estudian en la actualidad y de otros ya se sabe los daños que pueden causar.

Debido a las consecuencias indeseables para la salud de los consumidores, es precisamente que la FAO/OMS, a través de su Comité de Expertos en Aditivos Alimentarios, estudia de forma continuada los efectos toxicológicos que pueden generarse con los colorantes.

En cuanto al colorante natural de tegumento de maní no se encontró datos adversos para uso como aditivo en alimentos por lo que se podría considerar carácter inocuo, ya que proviene de un tegumento compuesto por sustancias fenólicas con propiedades antioxidantes de grado alimentario. (Larrauri, 2013).

Cabe resaltar que está fuera del alcance de esta tesis el determinar mediante estudios, los efectos a largo plazo del consumo de este colorante.

En la Tabla III-8 se presenta una norma estándar basada en características de las calidad de alimentos de origen vegetal misma que fue elaborada y aplicada por Cevallos Jennifer y Guerrero Jael, 2017 en Guayaquil para fines experimentales, permitiendo fijar los parámetros comunes de los requerimientos en cuanto a la calidad de los colorantes naturales.

Tabla III-8 Control de Calidad de colorantes naturales

Tipo de Análisis	Parámetros Usados	
Organolépticos	Color	
	Olor	
Físicas	Densidad	
	Sólidos Solubles	
Fitoquímicos	Cuantitativo	Fenoles
Fisicoquímicos	Cualitativo	Espectrofotometría UV-Vis

Fuente: Cevallos, Guerrero (2017)

3.1.5.3.5.1 Determinación de los máximos de absorbancia del colorante por Espectroscopia Ultravioleta Visible.

Esta determinación se realizó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la U.A.J.M.S en el Espectrofotómetro SP-2100 UV.

Preparación de muestra: Realizar disoluciones al colorante obtenido con H₂O destilada hasta lograr una solución transparente que no interfiera entre el haz de la luz emitido para leer la absorbancia.

Procedimiento.

1. Encender el equipo y dejar calentar por unos 20 minutos antes de realizar con precisión.
 2. Seleccionar la longitud de onda para un barrido en la escala de 190 – 380 nm
 3. Seleccionar el modo de trabajo: ABSORBANCIA.
 4. Retirar la cubeta para el blanco (agua destilada) e introducirla en el portacubetas.
 5. En las otras posiciones introducir la solución del colorante.
 6. Cerrar la tapa de comportamiento, situar la muestra en blanco en el haz de luz, seleccionar 0 Abs el equipo corrige a un valor de cero de absorbancia a la longitud de onda seleccionada.
3. Se obtendrá el valor de la absorbancia.
4. Se realiza una gráfica de la longitud de onda vs absorbancia, la cual se muestra en la Figura 4-4.

3.1.5.3.5.2. Análisis granulométrico del colorante

La granulometría de un colorante es un parámetro importante, pues cuanto menor es el diámetro de la partícula, mayor será el área superficial de contacto con el solvente, facilitando la solubilización para esta técnica se sigue el mismo método de tamizado descrito anteriormente, pero para el colorante.

El tamaño de partícula se determinó de la siguiente manera:

- Se pesa el colorante de tegumento de maní obtenido.

- Se arma el vibrador de tamices, colocando en la parte más baja el fondo de tamiz o colector y se colocaron los tamices en el orden según abertura de las mallas de arriba hacia abajo de mayor a menor.
- En el primer tamiz de arriba se introduce el colorante de maní pesado y se asegura la tapa del equipo.
- Se hace funcionar el bastidor con los tamices por unos 15 minutos, hasta que ya no pasa material a través de estos y se pesa el material retenido en cada malla.
- Se anotan los pesos como porcentajes de masa inicial del colorante de tegumento de maní.
- Los resultados se presentan en la Tabla IV-11.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos.

Se presentan los resultados obtenidos en la parte experimental.

4.1.1. Resultados de la evaluación fisicoquímica de la materia prima: tegumento de maní (*Arachis hypogaea*)

4.1.1.1 Determinación del Peso.

En la Tabla IV- 1 se observan los resultados de 4 muestras pesadas de tegumento de maní.

Tabla IV-1 Representación del peso de tegumento de maní en función al peso total del fruto (%)

Muestra	Peso de un fruto de maní con tegumento (g)	Peso del tegumento de maní de un fruto (g)	Porcentaje del tegumento de un fruto (%)
1	0,903	0,020	2,215
2	0,580	0,024	4,138
3	0,872	0,032	3,670
4	0,586	0,017	2,901
Promedio de peso del tegumento de maní			3,231

Fuente: Elaboración Propia

Se ha obtenido un promedio de 3,231 %, lo cual significa que el tegumento de maní representa la mínima parte del total del fruto, este valor coincide con valores

encontrados en bibliografía donde el tegumento de maní corresponde al 4%- 2,6 % del fruto de maní (López Noemí y otros, 2012).

4.1.1.2 Determinación de la Humedad

En la Tabla IV-2 se muestran el porcentaje de humedad determinado en el Analizador de humedad eléctrico infrarrojo SARTORI.

Tabla IV-2 Resultados de la prueba de Humedad en el tegumento de maní

Tiempo de secado	Peso inicial	Peso final	Humedad
	tegumento de maní	tegumento de maní	
	(g)	(g)	(%)
	M1	M2	
20 min	5,000	4, 545	9,100

Fuente: Elaboración Propia

El valor encontrado 9.1% se aproxima al valor reportado por Massie Brianna, 2014, que es un 10 %.

4.1.1.3 Determinación de los Sólidos solubles (°Brix)

En la Tabla IV-3 se observa el contenido de sólidos solubles.

Tabla IV-3 Evaluación de los sólidos solubles en pieles de maní

Muestra	° Brix
1	4,03
2	4,21
3	4,09
4	4,11
Valor promedio	4,11

Fuente: Elaboración Propia

El promedio que se alcanza es igual a 4,11 °Brix, este resultado al ser bajo es favorable para el secado del producto final.

Se puede correlacionar que la cantidad de azúcares presentes en el tegumento, varía entre 4,03 a 4,21 °Brix, siendo una variación entre ambos del 5% y el promedio alcanza a 4,11 °Brix, lo cual es coincidente que datos reportados para muestras de otros países.

4.1.1.4 Análisis de Laboratorio

Se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla IV-4 Análisis Físico-químicos y comparativo de la Materia Prima:
Caracterización del Tegumento de Maní**

Parámetros	Muestra Local (%)	Muestra de Argentina %
Materia Grasa	3,58	23,66
Proteína Total	13,88	15,06
Humedad	7,70	9,21
Ceniza	3,84	3,34
Fenoles Totales	11,93	7,67

Fuente: Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo CEANID e Instituto de Investigaciones Químicas IIQ ,2019.

En la Tabla IV-4 se observan que los resultados obtenidos en el CEANID, los cuales son similares a los valores encontrados por Larrauri y otros (2013) en cuanto a Proteínas totales, Humedad y Cenizas que se presentan en la misma.

Se observa que los porcentajes de materia grasa fueron mayores para el tegumento argentino, esto se debe a que en los procesos industriales(tostado) implican arrastre de partículas de maní que poseen altos porcentajes de grasas.

El porcentaje de fenoles totales encontrados en tegumento de maní se encuentran en el rango de los resultados reportados por Larrauri lo que indica que la muestra local posee valores intermedios en colorantes y antioxidantes.

Estos porcentajes pueden variar según el año y época de cosecha y condiciones de tostado, Por ejemplo, Davis *et al.* (2010) encontraron mayor proporción de fenoles totales en extractos de tegumento de maní tostado a 166°C respecto al tegumento sin tostar (121 y

73,44 mg EAG/g extracto respectivamente). El menor contenido de humedad y de proteínas en la muestra local de tegumento se debe a que la temperatura de tostado de este proceso es muy elevada, así es el tegumento pierde mayor contenido de humedad y podría perderse algo de nitrógeno, afectando el contenido de proteínas.

4.1.2 Técnicas Empleadas en la obtención del colorante natural de tegumento de maní

4.1.2.1 Resultados del Tamizado de la materia prima: tegumento de maní

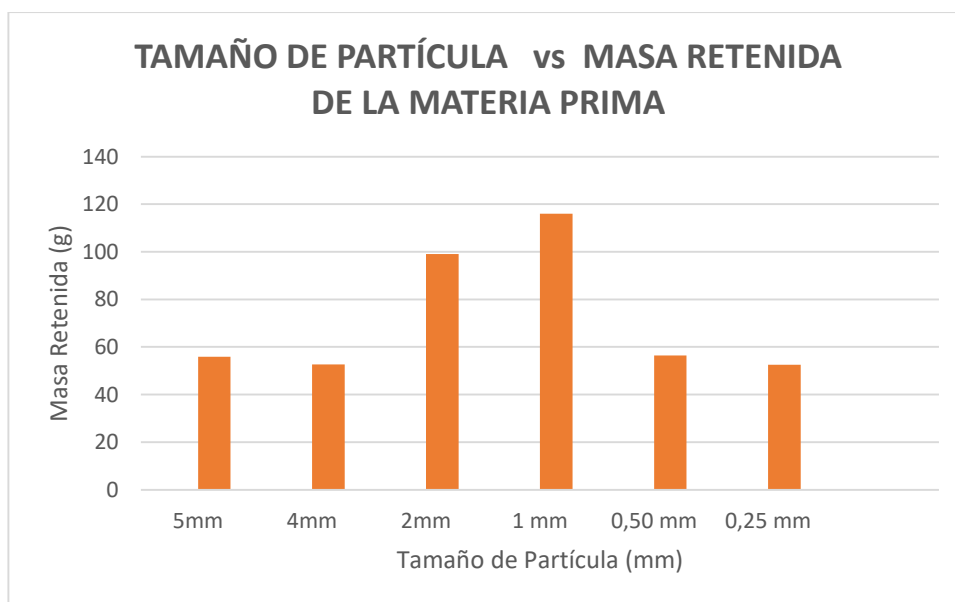
Tabla IV-5 Clasificación del tegumento de maní por tamaños

Tamaño de partículas (mm)	Masa retenida (gr)	Porcentaje de masa retenida (%)
5mm	55,84	9,43
4mm	52,67	8,90
2mm	99,06	16,73
1 mm	116,05	19,60
0,50 mm	56,42	9,53
0,25 mm	52,47	8,86
Fondos	159,45	26,94

Masa tamizada=591,96 gr

Para la reducción del tamaño del tegumento se empleó un molino de discos y se realizó el tamizado en un vibrador de tamices, cuyos resultados se indican en la Tabla IV-5 en la que se muestra la abertura de las mallas representada con el tamaño de partícula también los porcentajes en peso del retenido y porcentaje que pasa en cada una de las secciones.

Figura 4-1 Tamaño de partícula vs Masa retenida de la materia prima



Fuente Elaboración Propia

La Figura 4-1 muestra el gráfico donde se observa que la mayor masa retenida de la materia prima se encuentra entre las aberturas 1mm y 2mm, lo cual es favorable para realizar la experimentación, pues esos son los tamaños que se utilizarán.

4.1.3 Análisis del Producto obtenido: colorante natural de tegumento de maní

Los parámetros óptimos son: 100 gr de tegumento de maní, 600 ml de etanol al 96 % y secado a 40 ° C por 2 horas y 30 minutos.

4.1.3.1 Secado

Se realizó la variación de humedad con el tiempo para la temperatura de secado de 40 °C. En los cálculos de secado es conveniente utilizar la humedad a base seca (X), debido a que la base de cálculo permanece constante (Ortiz Cynthia, 2016).

4.1.3.1.1 Contenido de humedad en base seca

Es la cantidad de agua referida al sólido seco:

$$X_s = \frac{m_i - SS}{SS}$$

Donde:

X_s = Humedad en base seca, (kg H₂O/kg sólido seco).

m_i = Cantidad de masa, (kg).

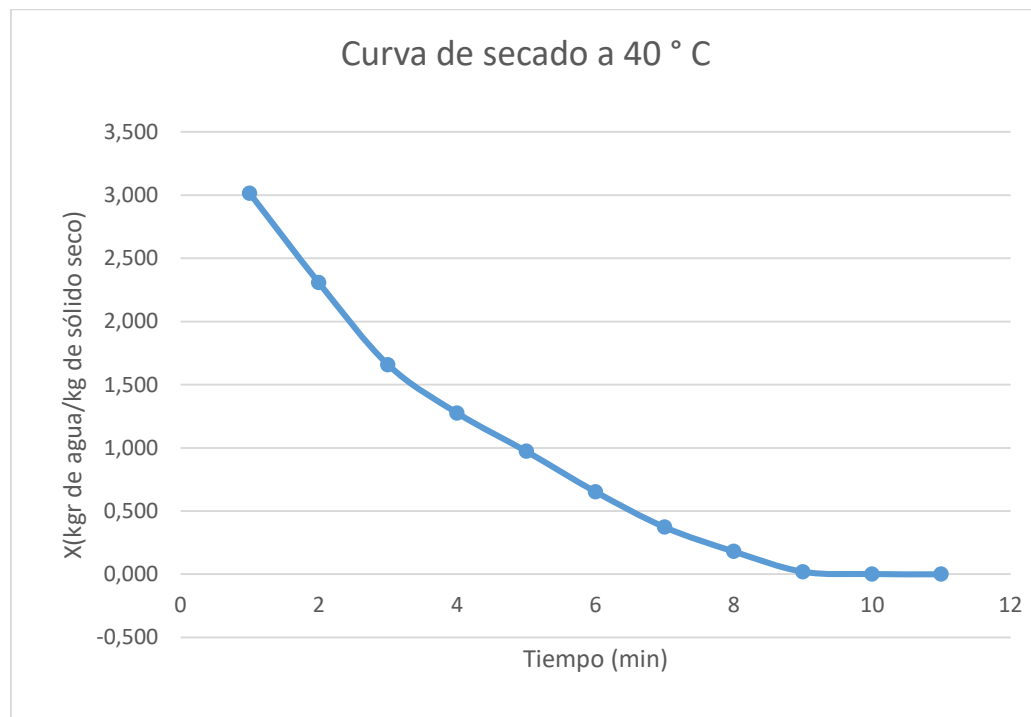
SS= Cantidad de sólido seco, (kg).

Tabla IV-6 Resultados de las pérdidas de peso en el colorante húmedo

Temperatura (° C)	Tiempo (min)	Peso del colorante húmedo(g)	Peso del Agua (g)	% Humedad	Humedad en base seca(X) (kg H ₂ O/kg sólido seco).
40	0	43,358	32,558	75,091	3,015
40	15	35,716	24,916	57,466	2,307
40	30	28,711	17,911	41,310	1,658
40	45	24,581	13,781	31,784	1,276
40	60	21,306	10,506	24,231	0,973
40	75	17,851	7,051	16,262	0,653
40	90	14,824	4,024	9,281	0,373
40	105	12,745	1,945	4,486	0,180
40	120	11,0156	0,216	0,497	0,020
40	135	10,82	0,020	0,046	0,002
40	150	10,8	0,000	0,000	0,000

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4- 2 Curva de secado colorante natural de tegumento de maní



Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.1.1 Cálculo de la cinética de secado

Se define la velocidad de secado como la pérdida de humedad del sólido húmedo en una unidad de tiempo, y más exactamente por el cociente diferencial ($-dX/dt$) operando en condiciones constantes de secado (Ortiz Cynthia, 2016).

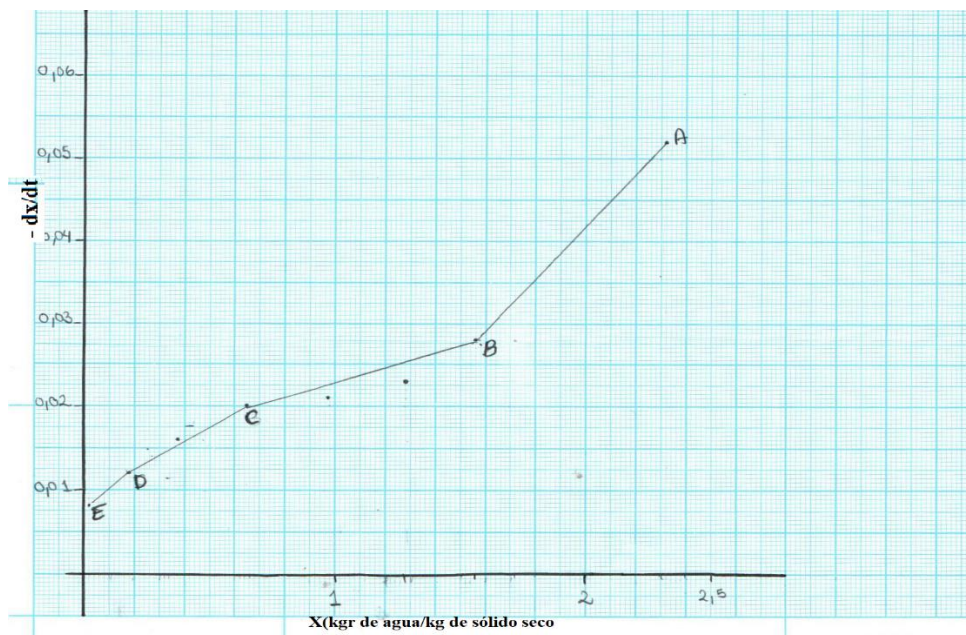
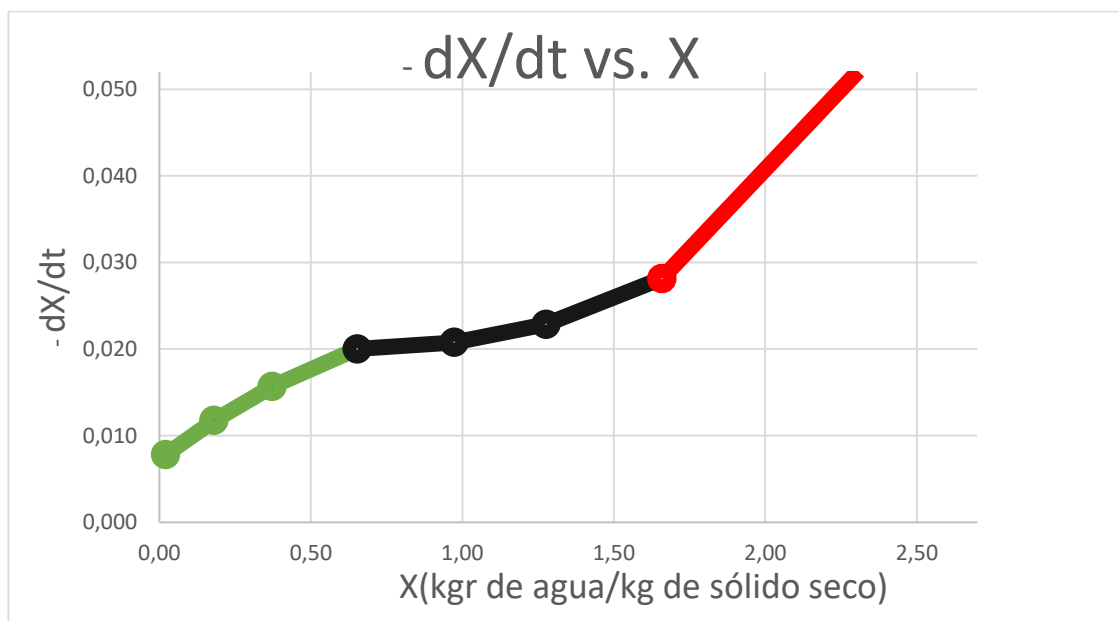
Para el cálculo de la cinética de secado se hizo uso el método de los tres puntos, este en un método analítico empleado para encontrar la pendiente en los puntos de una curva, el cual basa su análisis en la agrupación de tres puntos equidistantes para determinar la pendiente en cada uno de ellos y así sucesivamente encontrar las pendientes en los distintos puntos equidistantes que se encuentran sobre una curva.

Tabla IV-7 Método de los tres puntos

Tiempo (min)	X(kgr de agua/kg de sólido seco)	Y'	$-Y_{\text{promedio}} = -dX/dt$	$\ln(-Y_{\text{promedio}})$	$\ln(X)$
15	2,307	-0,052	0,052	-2,954	0,836
30	1,658	-0,028	0,028	-3,571	0,506
45	1,276	-0,023	0,023	-3,779	0,244
60	0,973	-0,021	0,021	-3,874	-0,028
75	0,653	-0,020	0,020	-3,912	-0,426
90	0,373	-0,017	0,016	-4,155	-0,987
		-0,016			
		-0,014			
105	0,180	-0,010	0,012	-4,444	-1,714
		-0,012			
120	0,020	-0,010	0,008	-4,858	-3,914
		-0,006			
135	0,002	-0,001	0,001	-7,315	-6,292

Fuente: Elaboración Propia

Con estos datos se procedió a graficar la curva de secado con la iteración de datos, dX/dt vs. X , para identificar las distintas zonas dentro de la curva de secado.

Figura 4-3 $-dX/dt$ vs. X 

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 4-3 se identifica tres zonas de la cinética de secado, la recta color rojo que corresponde al contenido inicial de humedad libre, la recta negra corresponde a la

velocidad de secado constante en el cual, la temperatura de la superficie alcanza su valor de equilibrio. y la línea que conecta los puntos de color verde corresponde al periodo de velocidad decreciente en donde no hay suficiente agua en la superficie para mantener una película continua.

Luego a partir de la linealización encontramos la ecuación que determina la cinética de secado:

$$y = 0,5041x - 3,6583$$

$$R^2 = 0,9153$$

$$\ln\left(-\frac{dX}{dt}\right) = n \ln X + \ln K$$

$$\ln K = -3,6583$$

$$n = 0,5041$$

$$K = e^{-3,6583}$$

$$K = 0,026$$

$$-\frac{dX}{dt} = KX^n$$

$$-\frac{dX}{dt} = 0,026 X^{0,504}$$

4.1.3.2 Resultados humedad en el producto final: colorante de tegumento de maní

Tabla IV-8 Resultados de % de humedad en el colorante obtenido

T °C	Humedad (%)
60	2,92

Fuente: Elaboración Propia

El resultado obtenido por medio de la balanza de humedad está dentro del rango de humedad de otros colorantes en polvo.

4.1.3.3 Resultados de los Análisis en Laboratorio del Producto: colorante natural de tegumento de maní

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla IV-9 Análisis Físicos y químicos del Producto

Parámetros	Resultado
Materia Grasa	2,15 %
Proteína Total	16,72%
Humedad	2,69%
Ceniza	18,60%
Fenoles Totales	41,922 ±0,087 mg de GAE/g

GAE: Equivalente de Acido Gálico

Fuente: Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo CEANID e Instituto de Investigaciones Químicas IIQ, 2019

En la Tabla IV-9 se observan que la materia grasa en el producto final ha disminuido respecto al valor que se tenía inicialmente en el tegumento, por otro lado, se observa que la cantidad de proteínas totales se ha incrementado.

Los resultados obtenidos son distintos entre el colorante y el tegumento ya que uno corresponde a la materia prima y el otro al producto final.

Según Yu, Mohamed y Goktepe (2004), los valores totales fenólicos obtenidos a partir del pelado manual de maní manual de variaron de 56 mg de ácido gálico equivalente / g a 90 mg de ácido gálico equivalente / g de piel seca (extracción en 80% de etanol o metanol).

Wang y otros (2006) encontraron valores de $0,097 \pm 0,003$ g de compuestos fenólicos por cada gramo de piel de maní.

Los resultados encontrados se relacionan con los encontrados por Yu y otros (2006) que va de 8,8 hasta 101,5 mg GAE/g de piel de maní ,además indicaron que la forma de la retirada de la piel (como blanchamiento ,retiro directo y asado) y los disolventes de extracción tienen diferentes efectos en el contenido fenólico total.

4.1.3.4 Resultados del Control de Calidad del Producto Obtenido

4.1.3.4.1 Características del Colorante

Tabla IV-10 Comparación de las características Físicas-Químicas del Colorante de tegumento de maní

Parámetros	Muestra Local	Muestra China	Muestra Argentina	Muestra Brasileña
	Valor	Valor	Valor	Valor
Químicos				
Materia Grasa	2,15 %	-	-	1,41%
Proteína Total	16,72 %	-	-	0,24%
Humedad	2,69 %	5 % máximo	-	4,47 %
Ceniza	18,60 %	-	-	0,09 %
Fenoles Totales	41,922 ±0,087 mg de GAE/g	56 mg de GAE/g	70,00 mg de GAE/g	32,6 mg de GAE/g
Físicos				
Color	Rojo Oscuro-Marrón	Marrón Rojizo	Marrón Rojizo	Marrón Rojizo
Olor	Fibra vegetal	-	-	-
Textura	Homogéneo	Polvo fino	-	-

Fuente: Elaboración Propia

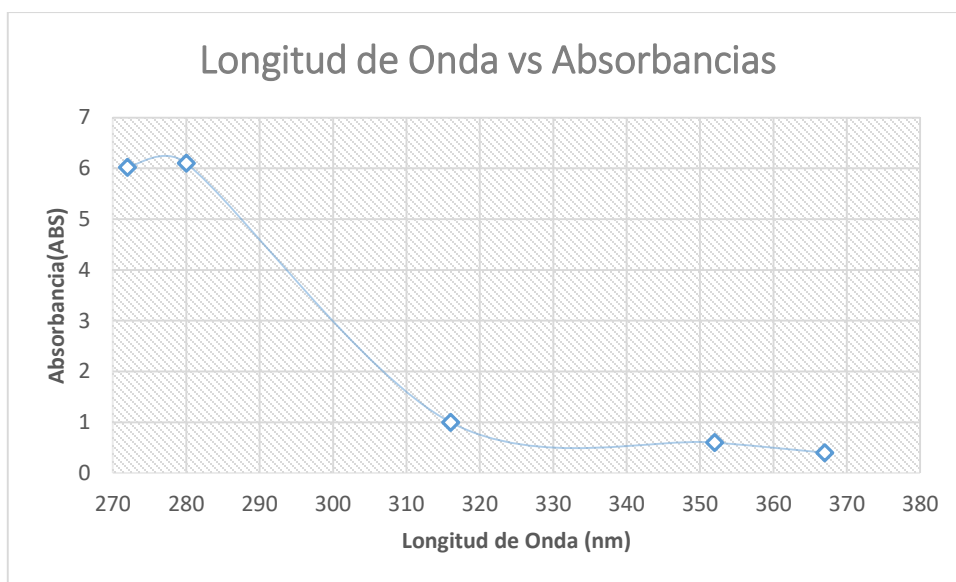
Las características del colorante son similares a los colorantes obtenidos de fuentes vegetales, la cantidad de fenoles totales se encuentra en rangos de similitud aceptable,

mientras que en apariencia presentan colores similares a pesar que el proceso empleado es distinto.

4.1.3.4.2. Resultados del Análisis Espectrofotométrico

Los ácidos fenólicos y flavonoides poseen bandas de absorción características de 190 a 380 nm (MA y otros, 2014) Cuatro grupos de compuestos fenólicos pueden ser identificados por medio del espectrofotómetro UV/visible :ácidos hidroxibenzoicos (255 nm), flavon-3-ols (280 nm), ácidos trans-cinámico(320) y otros flavonoides (360nm).

Figura 4-4 Longitud de Onda vs Absorbancias



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 4-4 se observa que la longitud de onda de máxima absorbancia se encuentra entre 270-280 nm

4.1.3.3 Resultados de la granulometría del producto

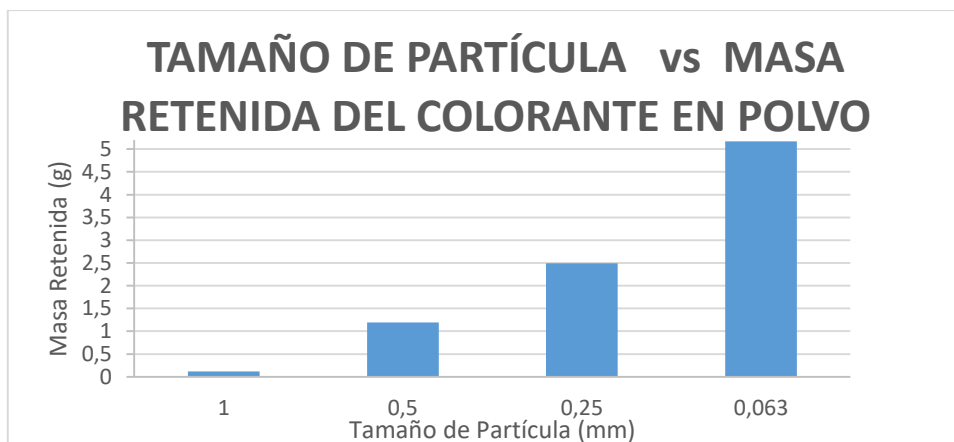
Tabla IV-11 Granulometría del Producto

Abertura de la malla(mm)	Masa retenida (g)	% de masa retenido
1	0,12	1,24
0,50	1,19	12,05
0,25	2,49	25,27
0,063	5,17	52,50
Fondos	0,88	8,94

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla IV-11 se observa que la mayor cantidad de masa retenida fue en la abertura de la malla de 0,063 mm.

Figura 4-5 Tamaño de partícula vs Masa retenida del Producto final



Fuente: Elaboración Propia

4.1.4 Resultados del diseño experimental para el proceso de obtención del colorante

Los datos obtenidos en el desarrollo de la parte experimental se detallan en las siguientes tablas:

Tabla IV–12 Cantidad de colorante obtenido por masa de tegumento de maní

Corridas	Combinación de tratamientos	Factores			Variable respuesta	
		Granulometría.	Cantidad de solvente	Temperatura de secado	Réplica 1	Réplica II
1	1	1	400	40	6,71	7,01
2	A	2	400	40	4,05	6,89
3	B	1	600	40	13	13
4	Ab	2	600	40	7,5	8,1
5	C	1	400	60	7,83	6,72
6	Ac	2	400	60	8,42	8,57
7	Bc	1	600	60	13	13
8	Abc	2	600	60	8,3	8,24

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4.1 Análisis y discusión de resultados del diseño experimental.

4.1.4.1.1 Análisis de varianza para el diseño factorial 2^3 en el proceso de obtención del colorante natural

Para realizar el análisis de los resultados del diseño de experimentos se utiliza el programa SPSS se encuentran las diferentes relaciones entre las variables críticas del proceso. El análisis de varianza realizado en la cantidad de colorante obtenido se muestra en la Tabla IV-13

Tabla IV-13 Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: masa de colorante

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	72,678 ^a	6	12,113	21,548	0,000
Intersección	1128,960	1	1128,960	2008,300	0,000
Granulometría	12,709	1	12,709	22,608	0,001
Cant.Solvente	30,250	1	30,250	53,812	0,000
Tsecado	,221	1	0,221	,393	0,546
Granulometría *	11,526	1	11,526	20,504	0,001
Cant.Solvente					
Cant.Solvente *	8,821	1	8,821	15,691	0,003
Tsecado					
Granulometría *	9,151	1	9,151	16,278	0,003
Tsecado					
Error	5,059	9	0,562		
Total	1206,697	16			
Total corregida	77,737	15			

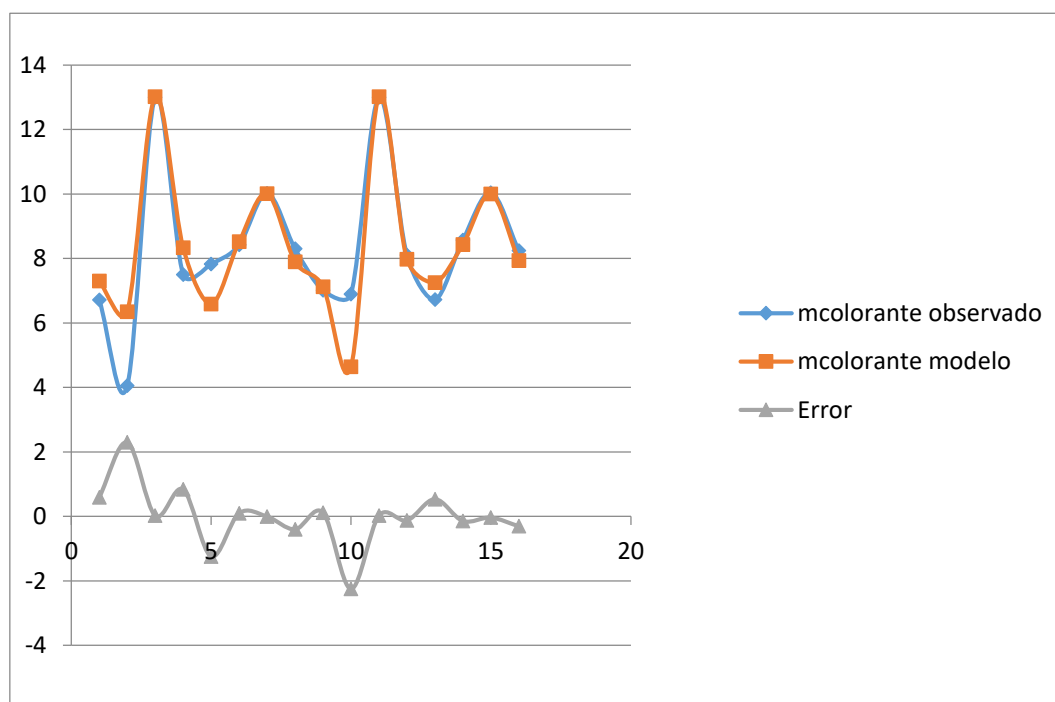
a. R cuadrado = 0.935 (R cuadrado corregida = 0.892)

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la Tabla IV-13 la temperatura $T=0,546$ es mayor a 0,05 está en la zona de aceptación, por tanto, no es estadísticamente significativa mientras que las otras 2 variables: granulometría y cantidad de solvente influyen directamente en el proceso de obtención del colorante natural, puesto que tiene valores de P inferiores a 0,05, lo cual significa que, con un nivel de confiabilidad del 95% es posible asegurar su relevancia para el estudio.

4.1.4.1.2 Análisis de la desviación mediante el error

Figura 4-6 Desviación del colorante



Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-14 Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,965 ^a	0,932	0,898	0,72665

a. Variables predictoras: (Constante), Granulometría-cantidad de solvente, cantidad de solvente- temperatura de secado, Granulometría –temperatura de secado, Cantidad de Solvente, Granulometría

b. Variable dependiente: mcolorante(masa del colorante)

En la Tabla IV-14 se observa el resumen del modelo obtenido por análisis en el programa SPSS, además se obtiene la ecuación del colorante:

Masa del colorante=8,4-0,891Granulometría+1,375 Cantidad de solvente+0,756 Granulometría –temperatura de secado- 0,743 cantidad de solvente- temperatura de secado – 0,845 Granulometría-cantidad de solvente.

4.1.1.1.3. Análisis del colorante de tegumento de maní con respecto al rendimiento

-En los ensayos con mayor volumen de solvente (etanol) se presenta un valor superior de sólido, posiblemente a una mayor degradación de la celulosa del tegumento.

-Las mayores temperaturas durante el secado, aunque no producen porcentajes elevados del sólido extraído, influyen también de forma significativa en la descomposición del colorante y por esta razón se las debe tener en cuenta.

Los rendimientos evaluados fueron el másico y el de extracción obteniéndose los siguientes resultados:

$$\%Rendimiento\ másico = \frac{Masa\ del\ colorante\ obtenido}{Masa\ del\ tegumento} \times 100$$

$$\%Rendimiento\ másico = \frac{13\ g}{100g} \times 100 = 13$$

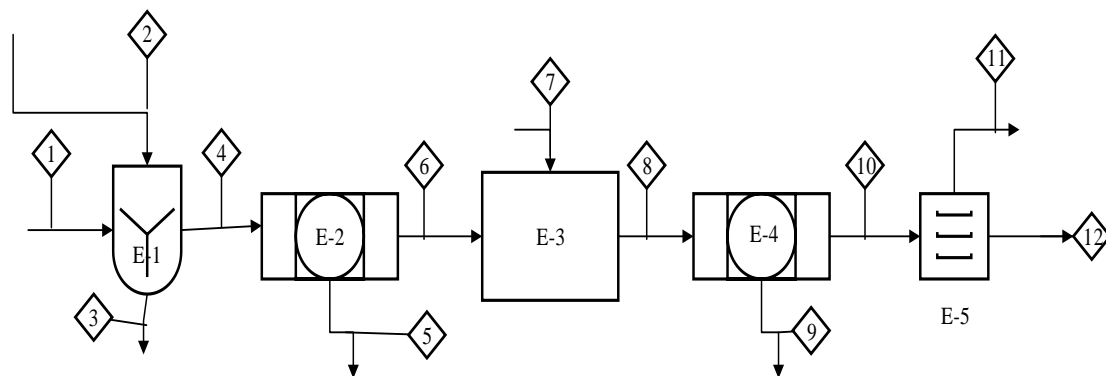
$$\%Rend.\ de\ extracción = \frac{Masa\ de\ fenoles\ totales\ en\ el\ producto}{Masa\ de\ fenoles\ totales\ en\ el\ tegumento} \times 100$$

$$\%Rendimiento\ de\ extracción = \frac{41,922}{119,282} \times 100 = 35,145$$

4.1.5. Balances y cálculos realizados en el proceso de obtención del colorante de tegumento de maní

4.1.5 Balance de Materia

Figura 4-7 Diagrama del proceso



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 4-7 se muestra un diagrama del proceso simplificado por equipos.

Tabla IV-15 Lista de equipos

Nombre	Descripción
E-1	Mezclador
E-2	Filtro
E-3	Recipiente de Precipitación
E-4	Filtro 2
E-5	Secador

Fuente: Elaboración Propia

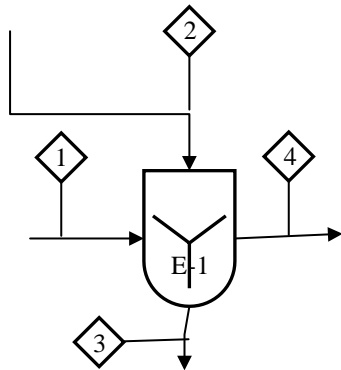
En la Tabla IV-15 se muestran los nombres de los equipos representados por un símbolo en el diagrama del proceso

Tabla IV-16 Corrientes del Proceso

Corriente	Especificación	Datos
1	Tegumento de maní pesado	100 g
2	NaCl ,NaOH, H ₂ O	15 g, 5 g, 481 g
3	Pérdidas por evaporación	?
4	Mezcla	g
5	Residuos de tegumento agotado	¿?
6	Solución filtrada	488,5 g
7	Etanol	476 g
8	Solución Precipitada	¿?
9	Solución sin precipitado	¿?
10	Torta de filtrado	42,385 g
11	Humedad perdida en el secado	?
12	Colorante seco	13,00 g

Fuente: Elaboración Propia

BALANCE DE MATERIA EN LA MEZCLA



Balance General

$$C1+C2=C3+C4$$

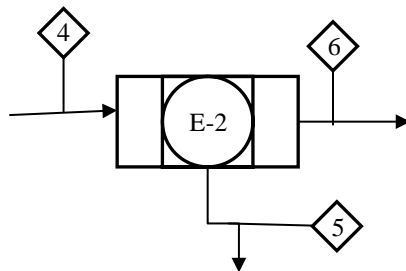
$$C3=C1+C2-C4$$

$$C3=100 \text{ g}+15 \text{ g}+5 \text{ g}+481 \text{ g}-600,5 \text{ g}$$

$$C3=0,5 \text{ g}$$

Las pérdidas por evaporación en el proceso de mezclado y agitación son de 0,5 g

BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE FILTRACIÓN



Balance General

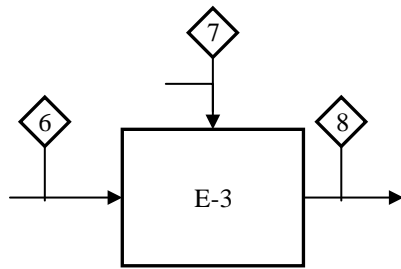
$$C4=C5+C6$$

$$C5=C4- C6$$

$$C5=600,5 \text{ g} -488,5 \text{ g} = 112 \text{ g}$$

La cantidad de tegumento agotado que se desecha en la filtración es de 112 g.

BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE PRECIPITACIÓN



Balance General

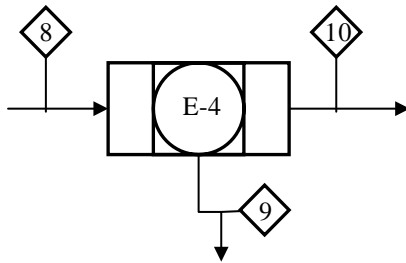
$$C6+C7=C8$$

$$C8=C6+C7$$

$$C8=488,5 \text{ g} +476=964,5 \text{ g}$$

La masa de la solución precipitada es de 964,5 g

BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE FILTRACIÓN DEL PRECIPITADO



Balance General

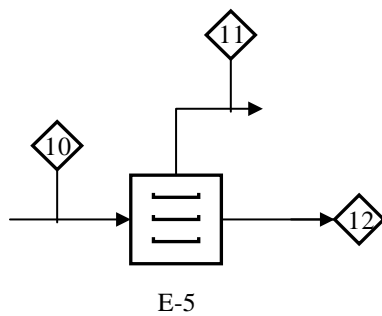
$$C8=C9+C10$$

$$C9=C8-C10$$

$$C9=964,5-42,385 =922,115 \text{ g}$$

La solución sin precipitado que resulta de la filtración es de 922,115 g

BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE SECADO



Balance General

$$C10=C11+C12$$

$$C11=C10-C12$$

$$C_{11} = 42,385 \text{ g} - 13,00 \text{ g} = 29,385 \text{ g}$$

La humedad perdida en el proceso de secado es de 29,385 g

4.1.6. Costos

4.1.6.1 Costos de la materia prima, solventes y materiales

Los costos de la materia prima, reactivos y materiales que se utilizaron en el presente trabajo de investigación se detallan en la Tabla IV-17

Tabla IV-17 Detalle de costos de materia prima, reactivos y materiales

Descripción	Cantidad	Costo unitario bs	Costo total bs
Materia prima Tegumento de maní	5 kg	10	50
Reactivos			
Agua destilada	10 l	2	20
Cloruro de sodio	500 g	1,50	1,50
Hidróxido de sodio	1 kg	40	40
Etanol	5 l	8	40
Materiales			
Papel filtro	2	4	8
Fascos de 1 l	2	10	20
Vaso de precipitado de 600 ml	1	50	50
Bolsas de polietileno con cierre hermético	1	10	10
Aceite hidráulico	1	20	20
Total (a)			209,50

Fuente: Elaboración Propia

4.1.6.2 Costos de servicios de análisis físicos y químicos

Se refiere a los servicios de laboratorio indispensables para la determinación del colorante natural de tegumento de maní.

Tabla IV-18 Detalle de costos de servicios de análisis físicos y químicos

	Parámetros	Costo total (Bs)
Tegumento de maní	Materia Grasa	90
	Proteína Total	100
	Humedad	40
	Cenizas	70
	Fenoles totales	400
Colorante de tegumento de maní	Materia Grasa	90
	Proteína Total	100
	Humedad	40
	Cenizas	70
	Fenoles totales	400
Total (b)		1.400

Fuente: Elaboración Propia

4.1.6.3 Costos de mano de obra y material de escritorio

TablaIV-19 Detalle de costos de material de escritorio

Descripción	Cantidad	Costo unitario(Bs)	Costo total (Bs)
Mano de obra	6 meses	1030	6180
Búsqueda web	60 días	4	240
Impresión	3000 hojas	0,04	120
Anillado	6	24	144
Empastado	3	90	270
Total(c)			6.954

Fuente: Elaboración Propia

4.1.6.4. Resumen de costos

Una vez estimados todos los aspectos referidos a los diferentes costos antes mencionados, se realizó un detalle de los mismos en la siguiente tabla:

Tabla IV–20 Resumen de Costos

Descripción	Costo Total (Bs)
(a) costos de materia prima, reactivos y materiales	209,50
(b) costos de servicios de evaluación fisicoquímico	1.400
(c) Detalle de costos de material de escritorio	6.954
Total	8.563,50

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- De acuerdo a los análisis físicos y químicos realizados a la materia prima en los Laboratorio CEANID y el Instituto de Investigaciones Químicas, el tegumento de maní tostado tiene los siguientes resultados: materia grasa 3,58%, Proteínas Totales 13,88 %, Humedad 7,70 %, Cenizas 3,84% y el contenido de fenoles totales es de $119,282 \pm 1,471$ mg de GAE/g.
- Se seleccionó el Método de extracción Sólido- Líquido (extracción acuosa en medio alcalino) en base al método químico del Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI de Argentina.
- Las variables que determinaron el proceso para el mayor rendimiento son la granulometría: 1mm de tamaño de partícula en el tegumento de maní, solvente de precipitación etanol:600 ml y Temperatura de secado 40° C.
- Se realizó un diseño factorial 2^k para obtener las combinaciones de los factores que se ejecutaron en la fase experimental.
- De acuerdo a los análisis físicos y químicos realizados a la materia prima en los Laboratorio CEANID y el Instituto de Investigaciones Químicas, el colorante natural de maní en polvo tiene los siguientes resultados: materia grasa 2,15%, Proteínas Totales 16,72%, Humedad 2,69 %, Cenizas 18.60 % y el contenido de fenoles totales es de $41,922 \pm 0,087$ mg de GAE/g.
- El rendimiento de colorante obtenido es del 13 %.
- Se confirmó la presencia de fenoles tanto en el tegumento de maní y en el colorante obtenido.
- Según las longitudes de onda obtenidas experimentalmente en UV-VIS $\lambda = 278, 316, 352, 367$ nm, están dentro del rango de la longitud de onda para

compuestos fenólicos, por lo tanto, se infiere que el causante del color es un compuesto fenólico.

- El colorante de tegumento de maní es termoestable, pero temperaturas mayores a 60°C se degrada.
- El uso de soluciones básicas en el proceso de extracción favorece positivamente a una coloración más fuerte del colorante.(Devia Jorge, 2005).
- La técnica de extracción sólido-líquido es conveniente para la extracción de colorante, ya que la muestra está en contacto directo con el solvente.

5.2 Recomendaciones

- Fomentar el uso de Colorantes de origen natural para evitar la contaminación del medio ambiente y aprovechar estos recursos que permiten una buena rentabilidad por su bajo costo y su fácil obtención.
- En la primera filtración filtrar el extracto con gasas y no con papel filtro, ya que el extracto es muy básico y espeso lo cual dificulta su filtración.
- Realizar Estudios de Estabilidad y Toxicidad del colorante obtenido para una mayor confiabilidad y poder comercializarlo en la industria textil, farmacéutica, alimentos etc.
- Que la presente investigación sirva como base para estudios posteriores en donde se identifique y se establezca la estructura y nombre del fenol responsable del color.
- Promocionar el uso de Plantas y Desechos Vegetales para la Obtención de Colorantes en la Industria Textil y así disminuir el uso de colorantes Sintéticos que contaminan el ambiente.
- Realizar estudios de factibilidad para determinar qué tan rentable es su producción.
- Realizar investigaciones para determinar el grado de absorción del colorante y de tinción.