

http://profile.ak.fbcdn.net/hprofile-ak-ash2/71155_420479015704_4348313_n.jpg

Así

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERIA QUÍMICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA QUÍMICA

TEMA:

OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA
PULPA DE ARAZÁ (*Eugenia stipitata*), MACHALA 2014.

AUTORA:

Elvia Lucinda Zhigui Rodríguez

TUTOR:

Dr. Hugo Romero Bonilla, Mg. Sc.

MACHALA - EL ORO - ECUADOR

2015

♀

CERTIFICACIÓN

El presente trabajo de Titulación "OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA PULPA DE ARAZÁ (*Eugenia stipitata*), MACHALA 2014", realizado por la autora Sra. Elvia Lucinda Zhigui Rodríguez, egresada de la Carrera de Ingeniería Química, ha sido prolijamente dirigido y revisado, por lo tanto autorizo su presentación previa a la obtención del título de Ingeniera Química.

Dr. Hugo Ítalo Romero Bonilla, Mg. Sc.

TUTOR

9

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORIA

Yo Lucinda Zhigui , con cédula de ciudadanía 070389114-3, egresada de la Carrera de Ingeniería Química de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, de la Universidad Técnica de Machala, responsable del presente trabajo de Titulación "OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA PULPA DE ARAZÁ (Eugenia stipitata), MACHALA 2014", Certifico que la responsabilidad de la investigación, resultados y conclusiones del presente trabajo pertenecen exclusivamente a mi autoría; una vez que ha sido aprobada por mi Tribunal de Sustentación autorizando su presentación. Deslindo a la Universidad Técnica de Machala de cualquier delito de plagio y cedo mis derechos de Autor a la Universidad Técnica de Machala para ella proceda a darle el uso que crea conveniente.

Lucinda Zhigui Rodríguez

C.I. 070389114-3

AUTORA

♀

RESPONSABILIDAD

El presente trabajo de titulación: resultados, conclusiones y recomendaciones son de responsabilidad única y exclusiva del autor.

Lucinda Zhigui Rodríguez

C.I. 070389114-3

♀

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido la culminación de mi carrera profesional con éxito.

Con todo cariño a la memoria de mi padre Manuel lauro Zhigui (.), a mis hermanos, porque en ellos encontré paciencia apoyo incondicional, comprensión, para así poder alcanzar con una de mis mayores metas trazadas durante mi vida estudiantil.

Lucinda Zhigui Rodríguez

0
†

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios, a mis padres y a toda mi querida familia, por haberme permitido y ayudado a desarrollar el presente trabajo de investigación.

Mi sincero agradecimiento a la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud que me formo como profesional, a nuestros profesores por entregarnos sus conocimientos, paciencia y comprensión que forjaron un espíritu de esfuerzo motivándome a alcanzar la meta propuesta.

LA AUTORA

ÍNDICE

CERTIFICACIÒN	
.....	ii
CESIÒN DE DERECHOS DE AUTORIA	iii
RESPONSABILIDAD	
.....	iv
DEDICATORIA	
.....	v
AGRADECIMIENTOS	
.....	vi
RESUMEN	
.....	xii
INTRODUCCIÒN	
.....	1
JUSTIFICACIÒN	
.....	3
PROBLEMA	
.....	4
OBJETIVOS	
.....	5
Objetivo General	
.....	5
Objetivos Específicos	
.....	5

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN ¡Error! Marcador no definido.

1. MARCO TEÓRICO 6

1.1. ARAZÁ (Eugenia stipitata) 6

1.1.1. Morfología 7

1.1.2. Composición Química del Arazá 8

1.1.3. Características Físicas y Beneficios 10

1.1.4. Usos y Propiedades 11

1.1.4.1. Colorantes Presentes en la Pulpa de Arazá (Carotenoides) 11

1.1.6. β -caroteno 15

1.2. COLORANTES NATURALES 18

1.2.5. Colorantes Vegetales 18

1.2.7. Propiedades del Color 21

1.3. SOLVENTES ORGÁNICOS 22

1.3.6. Clasificación 22

1.3.7. Usos de los Solventes 23

1.4. ETANOL 25

1.4.6. Propiedades Físicas 25

1.5. HEXANO 26

Propiedades Físicas y Termodinámicas 27

1.6. COLOR. 27

1.6.6. Definición de Color. 27

1.6.7. Medición de Color 30

1.7. MÉTODOS ESPECTROFOTOMÉTRICOS 31

1.8. EVALUACIÓN DEL COLOR (Grados A.S.T.A.)

1.8.6. Grados A.S.T.A. (American Spice trade Association)	31
2. METODOLOGIA	31
2.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	32
2.1.1. Tipo de Investigación	32
2.1.1.1. Descriptiva	33
2.1.1.2. Experimental	33
2.2. UNIVERSO Y MUESTRA	33
2.3. DISEÑO DE EXPERIMENTOS	33
2.4. OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL	34
2.4.1. Extracción	35
2.4.2. Variables del Proceso de Extracción del Colorante de la Pulpa de Arazá.	36
2.4.2.1. Relación Pulpa-Solvente.	36
2.4.2.2. Concentración del Solvente.	36
2.4.2.3. Tiempo de Agitación.	36
2.4.2.4. pH.	36
2.4.2.5. Temperatura de Secado.	37
2.5. MÉTODOS ANALÍTICOS	38
2.5.1. Determinación del pH	38
2.5.1.1. Determinación de Humedad	38
2.5.1.2. Análisis de Cenizas	38
2.5.2. Determinación de la Concentración del Solvente	39
2.5.2. Medición de la Intensidad del Color.	40
2.5.2.1. Determinación de Grados ASTA.	40
3.6. MATERIALES	42
3.6.1. Recursos empleados	42
3.6.1.1. Recursos humanos	42

..... 42

3.6.1.2. Recursos físicos.

... 42

3.6.1.3. Equipos.

..... 43

3.6.1.4. Reactivos.

..... 43

3.6.1.5. Insumos.

..... 43

3. RESULTADOS 43

..... 43

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA (PULPA DE ARAZÁ)..... 43

3.2. EFICIENCIA DEL TIPO DE SOLVENTE ORGÁNICO (ETANOL Y HEXANO)
PARA LA OBTENCIÓN DEL COLORANTE NATURAL PRESENTE EN LA PULPA
DE ARAZÁ.

..... 44

3.3. INTENSIDAD DE COLOR DEL COLORANTE OBTENIDO MEDIANTE
ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VISIBLE. 46

3.3.1. Contenido de Carotenoides Totales 47

3.4. ESTABILIDAD DEL
COLORANTE..... 47

3.5. RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL COLORANTE OBTENIDO EN
RELACIÓN A LOS COLORANTES SINTÉTICOS EXISTENTES EN EL MERCADO
LOCAL.

..... 48

4. CONCLUSIONES 48

..... 51

5. RECOMENDACIONES 51

..... 53

6. BIBLIOGRAFÍA 53

..... 54

ANEXOS 54

..... 58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frutos de arazá en óptimo estado de madurez 7

Figura 2. Estructura química de la forma activa de vitamina A
(Retinol)..... 15

Figura 3. Solución de β-caroteno 16

Figura 4. Estructura química del β-caroteno 17

Figura 5. Representación esquemática de la absorción de luz de sólidos coloridos.
..... 28

Figura 6. Efecto de Cambios de Color en

Pigmentos.....	29
Figura 7. Fotografía satelital de la Universidad Técnica de Machala	32
Figura 8. Medición de la concentración del etanol con el alcoholómetro	40
Figura 9. Medición de color en el colorante de arazá mediante espectrofotometría UV-Visible	41
Figura 10. Macro componentes de la pulpa de arazá	44
Figura 11. Eficiencia en la obtención de colorante amarillo de la pulpa de arazá	45
Figura 12. Intensidad de color del colorante natural obtenido de la pulpa de arazá	46
Figura 13. Concentración porcentual de carotenoides presentes en el colorante a partir de la pulpa de arazá	47
Figura 14. Estudio de la estabilidad del color durante 3 meses de almacenamiento (4°C) ..	48
Figura 15. Comparación de precios de tres colorantes naturales	50

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo la obtención de colorante natural a partir de la pulpa de arazá (*Eugenia stipitata*), es una fruta de color amarillo rica en carotenoides, los cuales son los responsables de otorgar la coloración amarilla a la fruta (Narváez, 2008). Se utilizaron dos tipos de solventes orgánicos como el hexano y etanol, mediante concentración en el rotavapor a presiones de vacío a una temperatura de 45° C, Se determinó que esta fruta posee un 5,41 de sólidos solubles (° Brix), y un 3,71 % de compuestos carotenoides, los cuales son los responsables de otorgarle la coloración amarilla al arazá (*Eugenia stipitata*). El solvente que tuvo mayor eficiencia fue el etanol, a una concentración del 83, 93 % y una diferencia porcentual frente al hexano de 9,83 %.

El análisis de varianza aplicado a la eficiencia de los dos solventes utilizados nos indica que si existe diferencia significativa con un nivel de confianza del 95 % ($p < 0,05$), en la obtención de colorante. La intensidad del color se midió mediante espectrofotometría UV-Visible, el colorante obtenido tuvo 229,6 grados A.S.T.A. (American Spice Trade Association).

Palabras claves: Arazá, Carotenoides, Colorante, Espectrofotometría, grados A.S.T.A.



ABSTRACT

This research aims at obtaining natural dye from arazá pulp (*Eugenia stipitata*), which is a fruit of the yellow color, rich in carotenoids, which are responsible for granting the yellow coloration to the fruit (Narváez, 2008). The methodology for obtaining the dye from arazá pulp involves using two types of organic solvents such as hexane and ethanol and by concentration on the rotary evaporator at pressures of vacuum at a temperature of 45 ° C, the use of This method ensures that there is no possibility of degrading the dye molecules by the effect of temperature during extraction. The results of the physicochemical characterization of arazá, it was determined that this fruit has a 5.41 Soluble Solids (° Brix) and 3.71% carotenoid compounds, which are responsible for granting the yellow coloration to arazá (*Eugenia stipitata*) (Mejía, Narvaez, & Restrepo, 2006). The solvent was ethanol was increased efficiency, achieving an efficiency of 83, 93% with a percentage difference of 9.83 compared to hexane. The analysis of variance applied to the efficiency of the two solvents used indicates that if there is a significant difference with a confidence level of 95% ($p < 0.05$), obtaining dye solvent with the highest percentage of efficiency reaches 83.9% ethanol. L to the color intensity is measured by UV-visible spectrophotometry, the dye obtained was 229.6 degrees ASTA (American Spice Trade Association).

Keywords: Arazá, Carotenoids, Color, Spectrophotometry, ASTA degrees



INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de colorantes sintéticos como restablecedores o modificadores del color de los alimentos están siendo cuestionados por los consumidores a causa de los efectos perjudiciales para la salud y están optando por productos de origen naturales. Una de las alternativas es el uso de colorantes naturales extraídos de fuentes vegetales. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo extraer los pigmentos vegetales a partir del arazá (*Eugenia stipitata*), este fruto se caracteriza por ser una baya globos-cóncava o esférica, algo deprimida; el epicarpio es delgado, presenta pubescencia fina y color verde claro que se torna amarillento o anaranjado en la madurez; la pulpa (mesocarpio) es espesa, jugosa, de color amarillo, aromática y agrídulce; y la cavidad interior del fruto está ocupada por un número de 12 a 16 semillas de 1- 2.5 cm de longitud (Ariza, 2000). El arazá es una fruta que ha mostrado tener una buena capacidad antioxidante, medida por el método de la decoloración del β -caroteno, y un buen contenido de antioxidantes, como ácido ascórbico (30 mg·100 g⁻¹ pulpa base húmeda [BH]) y compuestos fenólicos totales (64 mg de ácido gálico·100 g⁻¹ de pulpa BH) (Vargas, Rivera, & Narváez, 2005). Una de las frutas tropicales que presenta una alternativa de aprovechamiento en la obtención de colorantes es el arazá (*Eugenia stipitata*) la cual es una fruta de color amarillo cuando está en su estado óptimo, la luteína es un carotenoide, tinte natural presente en ciertas frutas, vegetales y animales marinos como crustáceos. Es un compuesto de colores naranja, rojo y amarillo. El fruto es una baya esférica achatada, que mide 3-5 cm de largo y 4 -7 cm de diámetro, pesa entre 20-50 g; el epicarpio es áspero y pubescente; la pulpa es poco aromática y ácida. El cambio de coloración puede notarse a partir de 48 días del desarrollo del fruto, pasando de un color verde intenso a verde claro, pero se acentúa a partir de los 60 días y termina con el amarillento total del fruto, al cabo de 80 días. El cambio de coloración, que está asociada a la degradación de la clorofila y síntesis de otros pigmentos, como los carotenos, y un indicador del inicio de la maduración del fruto, juntamente con el aumento del peso seco a partir de los 60 días de desarrollo (Galvis & Hernández, 1993). Los colorantes están presentes en casi todas las frutas. De éstos, unos son producidos directamente por la actividad fisiológica de las plantas, mientras

♀

que otros son producto de transformaciones artificiales de sustancias de procedencia vegetal. Los colorantes vegetales se hayan concentrados en las vacuolas celulares de un sinnúmero de plantas, en donde a su vez sin encontrarse en estado puro, se asocian con

TUACQS-2015-IQ-C00002

otros principios como aceites, resinas, y en particular con los taninos que son de carácter astringente. Con este estudio se buscó valorar el potencial científico y económico que algunas especies vegetales pueden representar para el desarrollo sustentable de nuestra región.

8

JUSTIFICACIÓN

Actualmente la industria química, alimentaria y farmacéutica se ha visto sujeta a serios

cambios debido a que los consumidores de los productos ofertados los están obligando a usar materias primas y aditivos naturales y en especial sin colorantes sintéticos, debido a los efectos negativos para la salud humana. Por tal razón en la presente investigación se busca nuevas fuentes naturales de materias primas para la obtención de colorantes, el color de los productos y alimentos viene a ser un atributo que tiene mucho peso dentro del juicio del consumidor (Cano, 2011), este puede llegar a ser determinante para que un producto sea aceptado o rechazado. Los colorantes naturales son sustancias que se encuentran en las frutas tropicales como el arazá, esta fruta posee una pigmentación amarilla intensa, debido a que es su composición posee carotenoides, compuestos responsables de otorgarle el color. Entre los pigmentos naturales de interés para la industria, están los carotenos y entre las frutas que se caracterizan por presentar un alto contenido de pigmentos naturales se encuentran en nuestro provincia, el arazá (*Eugenia stipitata*), el cual pueden ser utilizado para la extracción de pigmentos amarillos.

8

PROBLEMA

En la actualidad la utilización en la industria química, alimenticia y farmacéutica de colorantes de origen químico ha repercutido en la salud de quienes manipulan y consumen

aquellos productos que contienen este tipo de pigmentos, la obtención de estos pigmentos implica la utilización de reactivos de carácter químico que son difíciles de eliminar en el proceso de purificación de estos pigmentos, tales es el caso del beta-caroteno, beta-apo-8'-carotenal y ester etílico al ácido beta-apo-8'-carotenoico, por síntesis química (Peto, Doll, Buckley, & Sporn, 1981). Los dos últimos no existen en la naturaleza, estos compuestos se han utilizado desde hace muchos años para colorear productos lácteos, y su color amarillo puede aclararse por calentamiento, lo que facilita la obtención del tono adecuado. También a partir de la alizarina sintética la obtención de este compuesto implicaba la oxidación de ácido antraquinona-2-sulfónico con nitrato de sodio en hidróxido de sodio concentrado. La alizarina ha sustituido en gran medida a los pigmentos responsables de la coloración rojo-naranja por ser más resistentes a la luz (Pablo, Reginato, & Schumacher, 1983). En diversas actividades industriales el color tiene un significado relevante que se debe de considerar. Por ejemplo, en las industrias del plástico y de las pinturas el uso del color ha sido, es y será fundamental en la comercialización exitosa de los distintos productos terminados que el ser humano utiliza para colorear su entorno. La industria de los productos cosméticos, en especial el maquillaje, no existiría sin la presencia del color, en la industria textil, en la industria del cuero, en la industria de la madera, etcétera.

♀

OBJETIVOS

Objetivo General

- Obtener un colorante natural a partir de la pulpa de arazá (*Eugenia stipitata*)

Objetivos Específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente la materia prima (pulpa de arazá).

- Determinar el tipo de solvente orgánico óptimo (Etanol y Hexano) para la obtención del colorante natural presente en la pulpa de arazá.
- Cuantificar la intensidad de color del colorante obtenido mediante espectrofotometría UV-Visible.
- Determinar la rentabilidad económica del colorante obtenido en relación a los colorantes sintéticos existentes en el mercado local.

♀

1. MARCO TEÓRICO

1.1. ARAZÁ (*Eugenia stipitata*)

La fruta de arazá (*Eugenia stipitata*) se caracteriza por ser una baya esférica con epicarpio delgado, pubescencia fina y color verde claro que se torna amarillento o anaranjado en la madurez. La pulpa (mesocarpio) es espesa, jugosa de color, entre amarillo y naranja, aromática y agrídulce; y la cavidad interior del fruto está ocupada por un número de 12 a 16 semillas (Ariza, 2000). El árbol de arazá puede producir de dos a cuatro cosechas y su fruto

muestra un patrón de respiración climatérico (Galvis & Hernández, 1993). Este fruto es un producto comercialmente prometedor para la región amazónica, aunque sigue siendo desconocido en varios países amazónicos. En Colombia el interés económico de esta fruta ha crecido últimamente, constituyéndose asociaciones de cultivadores y encontrándose en los supermercados (Hernández & Fernández, 2004). Si la fruta de arazá se deja madurar en el árbol, la vida útil poscosecha es cercana a las 72 h como resultado de la antracnosis y otros problemas de decaimiento. La fruta fresca puede guardarse en refrigeración entre 8 y 10 °C con menores pérdidas de peso (Hernández & Fernández, 2004). En este contexto, encontrar otras formas de aprovechamiento de la fruta como producción de un confite duro a partir de la pulpa puede ser importante para reducir las pérdidas poscosecha.

La extracción de la pulpa de arazá es relativamente fácil. La pulpa constituye el 70% del peso del fruto fresco y tiene un rendimiento de 51 a 55% de pulpa refinada. Una vez extraída la pulpa se puede guardar en bolsas o en recipientes plásticos a -10 °C. Debe utilizarse fruta madura; la fruta semimadura es demasiado ácida, con poco aroma, y presenta menos facilidad para extraer la pulpa. La pulpa fresca o congelada se puede utilizar en la agroindustria de varios productos alimenticios, siendo recomendable refinar la pulpa para obtener productos con una textura uniforme.

♀

La pulpa pasteurizada a 80 °C por seis minutos y congelada a -20 °C se mantiene como un producto estable por más de dos meses, sin cambio en sus características organolépticas, excepto la hidrólisis de las cadenas pépticas, que hace más fluida la pulpa (Galvis & Hernández, 1993).

Figura 1. Frutos de arazá en óptimo estado de madurez

http://2.bp.blogspot.com/-NgXlUCQ1a70/ToCtEM10jKI/AAAAAAAAApY/_gMRD0gsv5w/s1600/FRUTOS%252520ARAZA.jpg

Fuente: (Martínez, 2011).

1.1.1. Morfología

La especie *Eugenia stipitata* fue clasificada en 1956 por R. McVaugh, quien tuvo algunas dudas en cuanto a la posición sistemática de la especie dentro del género. En base a las características de dos diferentes sub-categorías, el ovario tetralocular y la disposición alineada de los óvulos en cada lóculo, sugerían la sub-categoría Pimentinae. Considerando que las semillas poseían una estructura eugenoide, sin embargo, eran relativamente más numerosas de lo que comúnmente se encuentra en la sub-categoría Eugeniinae.

♀

La clasificación botánica establecida fue la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta (Angiospermae)

Clase: Magnoliopsida (Dicotyledoneae)

Subclase: Rosidae (Archichlamydeae)

Orden: Myrtales (Myrtiflorae)

Familia: Myrtaceae

Género: *Eugenia*

Especie: *E. stipitata*.

Al hacer la clasificación, McVaugh (1956) verificó también la existencia de dos poblaciones de *Eugenia stipitata* que se podrían describir como especies independientes, en caso de estar aisladas geográficamente. Estas poblaciones distintas, que presentaban muchas características cualitativas en común, se consideraron entonces como subespecies: *Eugenia stipitata* subsp. *stipitata* e *E. stipitata* subsp. *sororia* (McVaugh, 1956).

1.1.2. Composición Química del Arazá

El fruto es una baya de forma esférica de 8 a 12 cm de diámetro, con superficie amarillo-dorada en la madurez, cubierto de fina pubescencia, su pulpa es amarilla y ácida, con cinco a quince semillas oblongas achatadas; en su estado semimaduro presenta un color verdoso opaco. El peso promedio de los frutos es de 200 g y en algunos casos se reportan de 500g correspondiendo a la pulpa el 71% de peso del fruto, la maduración se da entre los setenta y ochenta días después del inicio de la floración (Barrera, Hernández, Galvis, & Acosta, 1996).

♀

El cambio de coloración puede notarse a partir de 48 días del desarrollo del fruto, pasando

de un color verde intenso a verde claro, pero se acentúa a partir de los 60 días y termina con el amarillamiento total del fruto, al cabo de 80 días.

El cambio de coloración, que está asociada a la degradación de la clorofila y síntesis de otros pigmentos, como los carotenos, y un indicador del inicio de la maduración del fruto, juntamente con el aumento del peso seco a partir de los 60 días de desarrollo (Galvis & Hernández, 1993).

Tabla 1. Composición química de la pulpa de arazá

Análisis

ARAZÁ

Humedad (%)

95.12

Cenizas

0.14

Extracto etéreo (%)

0.04

Proteína (%)

0.71

Fibra cruda (%)

0.37

Carbohidratos totales (%)

3.62

pH

2.79

Acidez titulable(% ácido
malico)

2.79

Sólidos solubles(brix)

4.40

Azúcar total (%)

1.89

VITAMINA A (u1/100g)

150.21

Vitamina c (mg/100g)

36.84

Poli fenoles totales (mg/100g)

121.16

Carotenoides totales
(mg/100g)

0.27

Antocianinas (mg/100g)

0.04

♀
Actividad antioxidante (umol
equivalente trolox/g)

5.00

Calcio (ug/g)

100.00

Magnesio (ug/g)

47.00

Potasio (ug/g)

500.00

Fósforo (ug/g)

100.00

Sodio (ug/g)

9.00

Hierro (ug/g)

1.00

Zinc (ug/g)

2.00

Selenio (ug/kg)

0.02

Cadmio (ug/kg)

4.00

Plomo (ug/kg)

Fuente: (Barrera, Hernández, Galvis, & Acosta, 1996).

1.1.3. Características Físicas y Beneficios

Después de brindar la definición de la fruta y algunos datos sobre su composición morfológica, se expondrán sus características físicas a profundidad, además de sus beneficios y aportes nutricionales.

Su principal característica es su alto contenido de provitamina A, (precursor de la vitamina

A) posee además buenos contenidos de minerales, carbohidratos y vitamina C. La fruta tiene un agradable aroma y un sabor ácido (Sinchi & Ambiente., 2008).

Adicionalmente, la pulpa contiene Tiamina, Hierro, Fósforo, Calcio, entre otros componentes derivados de cultivos orgánicos. Por su alto contenido de provitamina A, es ideal como alimento infantil porque cumple una función importante en el desarrollo de las células y contribuye a la prevención de enfermedades infecciosas. Su sabor es ácido y su

principal forma de uso es como jugo de fruta. Se elaboran a partir de su pulpa productos tales como mermeladas, confites y salsas (Sinchi & Ambiente., 2008).

La pulpa del fruto presenta excelentes propiedades organolépticas, que le confieren un sabor y aroma característicos. Además, tiene un alto contenido de agua, proteína, carbohidratos y fibras, y un considerable contenido de vitaminas y sales minerales (FAO, 1999).

Estudios recientes realizados por la Universidad Nacional de Colombia y Ohio State University demuestran que el arazá contiene en grandes cantidades luteína, carotenoide compuesto de colores naranja, rojo y amarillo, que impide la degeneración macular (trastorno ocular que destruye lentamente la visión central y aguda) de la retina humano (Asohofruco1., 2013).

1.1.4. Usos y Propiedades

Fruto comestible en fresco: se utiliza en la preparación de jugos, néctar, mermelada, jalea, bocadillo, helados, tortas, cocteles y vino. El fruto tiene potencial en su presentación como fruta deshidratada y en la extracción de aceites esenciales. Las hojas se utilizan en infusiones contra la diabetes y reuma articular (Asohofruco1., 2013).

1.1.4.1. Colorantes Presentes en la Pulpa de Arazá (Carotenoides)

Los carotenoides son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos, anaranjados o rojos presentes en los alimentos vegetales, y también de los colores anaranjados de varios alimentos animales.

Desde el punto de vista químico, pertenecen a la familia de los terpenos, es decir están formados por unidades de isopreno (ocho unidades, es decir, cuarenta átomos de carbono), y su biosíntesis se produce a partir de isopentenil pirofosfato. Esto produce sus rasgos estructurales más evidentes, la presencia de un muchos dobles enlaces conjugados y de un buen número de ramificaciones de grupos metilo, situados en posiciones constantes. Se conocen alrededor de 600 compuestos de esta familia, que se dividen en dos tipos básicos:

♀ los carotenos, que son hidrocarburos, y las xantofilas, sus derivados oxigenados. A estos tipos hay que unir los apocarotenoides, de tamaño menor, formados por ruptura de los carotenoides típicos.

En los vegetales verdes se encuentran en los cloroplastos, formando parte del sistema de biosíntesis a partir de la energía de la luz, pero son mucho más abundantes, y visibles, coloreando algunas raíces, frutas y flores. Dada su ubicuidad en el reino vegetal, la biosíntesis total anual de carotenoides se ha estimado en unos 100 millones de toneladas. Los animales no pueden sintetizar sustancias de este tipo, pero si pueden transformar una en otra, aunque con bastantes limitaciones.

De los carotenoides conocidos, solamente alrededor del 10% tienen valor como vitamina A.

Además del b caroteno, los más importantes entre ellos son el a caroteno y la b criptoxantina. La condición fundamental para que tengan actividad vitamínica es que tengan cerrado y sin oxidar al menos uno de los anillos de los extremos de la estructura. Consecuentemente, varios de los carotenoides más comunes, como el licopeno, zeaxantina y luteína no tienen valor como vitamina A, aunque son muy importantes como pigmentos, y pueden tener también actividad como antioxidantes. En general, las xantofilas producen

color amarillo, mientras que los carotenoides son anaranjados o rojizos (Calvo, 2013).

Los carotenoides pueden desempeñar un papel como antioxidantes en la protección del organismo frente a los radicales libres, aunque esta cuestión está todavía en discusión. Si parece claro que la presencia en la dieta de alimentos con contenidos elevados de carotenoides tiene efectos preventivos frente a ciertas enfermedades, aunque los experimentos en los que se han utilizado suplementos han dado resultados contradictorios, en algunos casos incluso evidenciando efectos perjudiciales.

La presencia de gran número de dobles enlaces hace a los carotenoides muy sensibles a la oxidación, especialmente en reacciones de fotooxidación con el oxígeno singlete. También se oxidan en presencia de lipoxigenasas, pero no de forma directa, sino por reacción con los hidroperóxidos. Las reacciones de oxidación dan lugar en todos los casos a la pérdida de

color. Generalmente, existe una gran dependencia entre la velocidad de oxidación y el ambiente en el que se encuentran. Dentro de los alimentos, los carotenoides son mucho más resistentes a la oxidación que en materiales pulverizados y secos, o en extractos. También pueden alterarse por isomerización. Salvo excepciones, como en algunas algas, los carotenoides naturales se encuentran siempre con todos los dobles enlaces en forma trans. Aunque en principio la configuración trans de los dobles sería la más estable, las repulsiones que inducen los grupos metilos laterales hacen que algunos de los dobles enlaces puedan pasar a la configuración cis. Esta isomerización puede producirse por calentamiento, exposición a la luz o de forma espontánea en ciertos disolventes o en presencia de superficies activas.

Los carotenoides no son solubles en agua, sino que se encuentran unidos a las proteínas de la membrana tilacoidal de los cloroplastos o asociados a proteínas o en forma de cristales en otro tipo de plástidos. El β -caroteno es el carotenoide más abundante en la naturaleza y el más importante para la dieta humana.

Al ser ingerido, el β -caroteno es transformado en Vitamina A en la mucosa del intestino delgado, y ésta es almacenada principalmente en el hígado en forma de retinol. La vitamina A es esencial para la visión nocturna y mantener saludable la piel y los tejidos superficiales. Es necesaria para el crecimiento y la diferenciación del tejido epitelial, y se requiere en el crecimiento del hueso, la reproducción y el desarrollo embrionario. Junto con algunos carotenoides, la vitamina A refuerza el sistema inmune. El β -caroteno también puede ser absorbido y almacenado en el tejido graso sin ser modificado, produciendo una coloración ligeramente amarilla o anaranjada en las palmas de las manos y las plantas de

los pies, debido a un exceso en el consumo de β -caroteno denominado pseudoictericia (Calvo, 2013) .

♀

1.1.5. Carotenoides

Los carotenoides se localizan en las células vegetales en el interior de orgánulos especializados, cloroplastos y cromoplastos; en los primeros acompañan a las clorofilas. En el caso de los frutos maduros, los carotenoides se acumulan en los plastoglóbulos de los cromoplastos de forma masiva y es donde la diversidad estructural alcanza un mayor grado. La presencia del extenso sistema de dobles enlaces conjugados de la cadena poliénoica de los carotenoides conforma un cromóforo (parte de la estructura responsable de la absorción de luz visible y por tanto del color del compuesto) cuya capacidad de absorción de luz da lugar a los llamativos y característicos colores de estos pigmentos. El número de dobles enlaces conjugados y la presencia de diferentes grupos funcionales determinará en última instancia las características espectroscópicas propias de cada pigmento (Minguez, Perez, & Hornero, 2000).

1.1.5.1. Función y Actividad Biológica

La principal función biológica de los carotenoides es la de servir como pigmentos accesorios en la recolección de la luz durante el proceso fotosintético, y como sustancias fotoprotectoras, inhibiendo la propagación de especies reactivas de oxígeno y otros radicales libres, por tanto impidiendo la acción nociva de éstos a nivel celular. En los animales, este conjunto de pigmentos presenta varias actividades biológicas muy importantes desde el punto de vista nutricional y fisiológico. Como se ha mencionado anteriormente, los animales no pueden sintetizar carotenoides de novo aunque sí metabolizarlos a vitamina A (retinol, Figura 2), siempre y cuando reúnan los requisitos estructurales necesarios para ello, esto es, un anillo tipo β no sustituido. Aproximadamente

un 10% de los carotenoides cumplen esta configuración, siendo β -caroteno y β -criptoxanteno, los más representativos. La Tabla 1 recoge la actividad de provitamina A relativa a β -caroteno de carotenoides presentes en la dieta. La única fuente de estos precursores de retinol es la dieta, y en la mayoría de los casos son las frutas y vegetales los alimentos que principalmente aportan carotenoides con actividad de provitamina a nuestra

ingesta. Pero además, nuestro organismo utiliza otra actividad de estos componentes, común a todos ellos: la capacidad antioxidante frente a radicales libres de muy diversa naturaleza y origen, integrando a los carotenoides en el complejo sistema de antioxidantes primarios junto a los tocoferoles y la vitamina C, entre los que existe un ciclo regenerativo que aumenta sinérgicamente la capacidad antioxidante. Finalmente, nuestro metabolismo ha encontrado otros roles para los carotenoides, las denominadas actividades no antioxidantes, que se describen posteriormente (Minguez, Perez, & Hornero, 2000).

Figura 2. Estructura química de la forma activa de vitamina A (Retinol)

Fuente: (Graham & Rosser, 2000)

1.1.6. ...-caroteno

El β - caroteno fue el primer carotenoide purificado. En 1831, Wackenroder lo aisló en forma cristalina a partir de la zanahoria, dándole el nombre que lleva, derivado de la denominación latina de este vegetal (*Daucus carota*). El otro gran grupo de pigmentos son los carotenoides, que dan color rojo-anaranjado o amarillo a las flores, hojas, frutos y semillas, y se diferencian de las antocianinas por su estructura química y su localización celular.

Aunque su valor vitamínico es solamente de alrededor de un sexto del valor del retinol (la "vitamina A" en su forma metabólicamente activa), su abundancia en los vegetales y también en algunos alimentos animales, como la leche, hace de él una fuente fundamental de vitamina A para muchísimas personas. Incluso en dietas relativamente pobres en

productos vegetales, como es la estadounidense, los carotenoides representan

alrededor del 30% de la ingesta total de vitamina A. Son ricas en β caroteno la zanahoria, que contiene entre 70 y 140 mg/kg, los vegetales verdes como la espinaca y algunas frutas.

Figura 3. Solución de β -caroteno

Fuente: Food Ingredient Solution, 2014

En los vegetales verdes el β caroteno se encuentra en los cloroplastos, junto con xantofilas, y suele ser el carotenoide mayoritario. En las frutas, en cambio, el carotenoide mayoritario depende de la especie. El β - caroteno lo es en el mango y en el caki. El β -caroteno se emplea mucho como colorante alimentario. Al ser insoluble en agua, no es fácil de utilizar, por ejemplo para colorear bebidas refrescantes, una de sus principales aplicaciones. En este caso, se utiliza en forma de polvo extremadamente fino, en partículas de alrededor de 0.4 micras de diámetro, que se puede dispersar en el agua, con la ayuda de un polisacárido como la goma arábiga (Calvo, 2013).

Figura 4. Estructura química del β -caroteno

<http://paraserfelizuncupcake.files.wordpress.com/2013/06/carotenoides.jpg>

Fuente: (PQBio, 2013).

Liberación y solubilización desde la matriz alimentaria. Los carotenoides se solubilizan en glóbulos lipídicos desde el alimento. Es un proceso mecánico y enlubilizan en glóbulos lipídicos desde el alimento. Es un proceso mecánico y enporarlos en pequeñas gotas de grasa.

En esta etapa, un mayor grado de procesado del alimento, y la cantidad de grasa co-ingridida

con éste aumentan la solubilización de carotenoides (Minguez, Perez, & Hornero, 2000).

1.1.5.2. Luteína

La luteína es un pigmento vegetal que, junto con el β -caroteno, es uno de los carotenoides más ampliamente distribuidos en frutas y hortalizas, que consideradas como parte de una dieta variada, nos aportan el 95% de los carotenoides que ingerimos. La estructura química de la luteína se muestra en la figura 2 junto con la de su isómero estructural zeaxantina; ambos son derivados dihidroxilados del β -caroteno y β -caroteno, que al tener los anillos beta terminales sustituidos, no tienen actividad provitamínica-A. La ingesta media de luteína por persona y día en la población española a partir de frutas y verduras frescas es de 0.5 mg luteína / día, con pocas variaciones estacionales (entre 0.44 - 0.57 mg / persona / día) y de 0,1 mg zeaxantina /persona/día (Granado et al., 1996). Sin embargo, estas cantidades suelen ser mayores cuando se calcula en la ingesta real de personas de forma individualizada (ej. en un estudio europeo, la ingesta de un grupo de 80 españoles mostró una mediana de 3,25 mg/día (rango: 1,75 -4,34) (O'Neill, Carroll, Corridan, & Olmedilla, 2001). Los alimentos

que aportan más cantidad de luteína en la dieta media de la población española, son las espinacas, acelgas y naranjas, y respecto a la zeaxantina, los principales contribuyentes son las naranjas, patatas y espinacas (Granado, Olmedilla, & Blanco, 2003). Otros alimentos pueden contener luteína o zeaxantina en grandes cantidades, pero al ser poco frecuente su consumo no pueden ser considerados buenos contribuyentes a la ingesta media de la población. Con una dieta variada ingerimos unos cuarenta carotenoides, de los cuales sólo se encuentran de forma apreciable seis en sangre, tres poseen actividad provitamínica A (β -caroteno, α -caroteno y b-criptoxantina) y otros tres que no poseen dicha actividad (luteína, zeaxantina y licopeno). El organismo humano no sintetiza carotenoides, puede si modificar la estructura de algunos durante su metabolismo, habiéndose descrito algunos metabolitos oxidativos de la luteína formados in vivo (Khachik, Beecher, Goli, Lusby, & Smith, 1992)(pudiendo considerarse consecuencia de procesos biológicos relevantes para la salud). La luteína junto con zeaxantina son selectivamente acumulados en la retina, dando

lugar al color amarillento de la mácula (pigmento macular), donde los demás carotenoides circulantes en sangre apenas se detectan. En la mácula, la zona central, se acumula preferentemente zeaxantina, mientras que la luteína se encuentra en una mayor cantidad que zeaxantina en las zonas periféricas. Ambos compuestos constituyen el denominado pigmento macular.

En la retina también están presentes el α -tocoferol (vitamina E), evitando la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados presentes en retina.

1.2. COLORANTES NATURALES

1.2.5. Colorantes Vegetales

También conocidos como pigmentos, éstos se encuentran distribuidos en todo el reino vegetal a excepción de los hongos. Los colorantes vegetales se hallan en la naturaleza asociados con ciertas sustancias que intensifican o modifican su color, éstas tienen el nombre de copigmentos y pueden ser flavonas, flavonoles, taninos, ácidos y otros compuestos que no han podido ser identificados.

También son causas de su modificación la relación con iones de metales pesados como hierro, aluminio, el hierro (+3) que produce coloración roja y molibdeno azul púrpura.

1.2.6. Métodos de Obtención de Colorantes Naturales

Se han desarrollado diferentes métodos para llevar a cabo los procesos de separación, existen distintas operaciones unitarias para llevar a cabo esta finalidad.

En la práctica, se presentan muchos problemas de separación teniendo el ingeniero que elegir el método que mejor se adapte a la resolución.

Los procedimientos para separar los compuestos de una mezcla se clasifican en dos grupos, el que constituye las denominadas operaciones disfuncionales, que implica cambio de fase o transporte de materia de una fase a otra; y el que comprende a aquellos métodos llamados separaciones mecánicas, útiles para separar partículas sólidas o gotas líquidas. Las separaciones mecánicas son aplicables a mezclas heterogéneas y no a disoluciones homogéneas (De Robayo, 2000).

Extracción y Lixiviación:

Estudia los métodos de separación de un constituyente a partir de un sólido o un líquido por

medio de un disolvente líquido. Estas técnicas comprenden dos categorías: sólido - líquido, y líquido - líquido (McCabe, Smith, & Harriott, 1994).

1.2.6.1. Otros Métodos para Obtención de Colorantes son:

Prensado.

Extracción líquido - líquido con solvente.

Destilación por arrastre de vapor.

Técnica de recristalización.

Cromatografía en capa delgada (separación de pigmentos).

♀

Prensado:

La separación de un líquido de un sistema de dos fases sólido-líquido mediante la compresión, en condiciones que permite que el líquido escape al mismo tiempo que se retienen el sólido entre las superficies de compresión.

El exprimido se distingue de la filtración en que la presión se aplica mediante el movimiento de las paredes de retención en vez de emplear el bombeo del material a un espacio fijo (ENCYCLOPEDIA OF FOOD SCIENCE, 1988).

El prensado es la separación de un líquido mediante la compresión en condiciones que permitan que el líquido se escape al mismo tiempo que retiene el sólido, en la superficie de compresión.

El experimento se diferencia de la filtración, en que la presión se aplica mediante el movimiento en las paredes de retención en vez de emplear el bombeo del material a un espacio fijo, los dos tienen la misma finalidad en separar líquidos de sólidos de una mezcla mecánica de los dos (ENCYCLOPEDIA OF FOOD SCIENCE, 1988). Hay diferentes equipos de prensado: Caja de placas, de olla, de guarnición y jaula y prensas continuas. Como estos equipos son costosos y no disponemos de ellos, utilizamos un método manual de extracción.

En este proceso se trabajará directamente con la parte comestible denominada (pulpa) de la cual por medio de un proceso de extracción se obtiene un producto denominado zumo y sus residuos, la pulpa es el producto obtenido de la separación de las semillas de la parte carnosa de la fruta.

Extracción con solvente:

Es la disolución de uno o más componentes de una mezcla sólida por contacto de un disolvente líquido. Esta operación unitaria, una de las más antiguas en la industria química, ha recibido muchos nombres, según la técnica más o menos completa utilizada para llevar a cabo. El término extracción también se emplea por lo común para describir esta operación,

♀ aunque también se aplica a todas las técnicas de separación que utilicen métodos de transferencia de masa (Cheverry & Jimenez, 1998).

Es un proceso para separar un sólido de un líquido en el cual muchas sustancias biológicas, así como compuestos inorgánicos y orgánicos existentes en mezclas de diferentes compuestos en un sólido.

Para poder superar el constituyente soluto deseado o eliminar un soluto indeseable de la fase sólida, esta se pone en contacto con la fase líquida. Ambos factores entran en contacto íntimo en el soluto o solutos que pueden difundirse o desde el sólido de la fase líquida, lo que produce una separación de los compuestos originales del sólido a este proceso se llama lixiviación, extracción sólido - líquido o simplemente lixiviación (Cristie, 2010).

Destilación por arrastre de vapor:

Es una técnica bastante utilizada para separar compuestos poco volátiles insolubles en agua, de materiales sólidos no volátiles.

Cromatografía en capa delgada:

Se usa para separar pigmentos de una planta, es una técnica muy utilizada para separar varios tipos de compuestos que integran las mezclas. Esta se basa fundamentalmente en una distribución de dos fases.

El método se basa en la remoción selectiva de los compuestos de una fase a medida que esta fase fluye a través de una segunda fase estacionaria.

1.2.7. Propiedades del color

Todos los colores tiene cuatro propiedades: tono, saturación, brillo y luminosidad.

- Tono: matiz o croma es el atributo que diferencia el color y por el cual se designan los colores: verde, violeta, anaranjado, etc.
- Saturación: es la intensidad cromática o pureza de un color.

♀ - Brillo: es la cantidad de luz emitida por una fuente lumínica o reflejada por una

superficie.

- Luminosidad: es la cantidad de luz reflejada por una superficie en comparación con la reflejada por una superficie blanca en iguales condiciones de iluminación.

De acuerdo a la antigua Academia Francesa de Pintura se consideran como colores primarios aquellos que por mezcla producen todos los demás colores: el rojo, el amarillo y el azul.

El blanco y negro son llamados colores acromáticos, ya que son percibidos como "no colores". El ojo humano distingue unos 10000 colores empleando sus tres dimensiones físicas: saturación, brillantez y tono, para poder experimentar la percepción.

1.3. SOLVENTES ORGÁNICOS

Los disolventes son sustancias que se utilizan para disolver, diluir y extraer otras sustancias, por lo que tienen una gran variedad de aplicaciones. Existen alrededor de un millar de disolventes, pertenecientes a diferentes familias, los más utilizados son los disolventes orgánicos, que en su mayoría son líquidos, aunque también pueden ser gases o fluidos supercríticos.

1.3.6. Clasificación

Los disolventes se clasifican en familias según el grupo químico al que pertenecen. En ocasiones se utilizan sustancias puras, pero lo más habitual en la industria es el uso de productos que son o contienen mezclas de disolventes.

♀
Tabla 2. Clasificación de las sustancias disolventes

FAMILIA

EJEMPLOS

ORGÁNICOS

Hidrocarburos aromáticos

Benceno, tolueno, xilenos,
cumeno, etilbenceno

Hidrocarburos alifáticos

Pentano, hexano, heptano

Hidrocarburos alicíclicos

Ciclohexano, metilciclohexano,
terpenos (trementina), pinenos

Hidrocarburos halogenados

Tricloroetileno, percloroetileno,
tetracloruro de carbono

Alcoholes

Metanol, etanol, isopropano

Ácidos orgánicos

Ácido acético, ácido oxálico

Cetonas

Acetona, metiletilcetona

INORGÁNICAS

Alcalis

Hidróxido sódico, carbonato
sódico,

fosfato sódico, amoníaco

Ácidos minerales

Ácido clorhídrico, ácido
sulfúrico, ácido fosfórico, ácido
nítrico

Fuente: (Mancheño, 2008).

1.3.7. Usos de los Solventes

Los disolventes sirven para producir y forman parte de una gran variedad de productos.

Aunque casi la mitad de los disolventes se encuentra en pinturas y recubrimientos (46%), con cerca de dos millones de toneladas al año en Europa (INRS, 2007).

†
Pinturas, lacas y barnices (46%)

Productos farmacéuticos (9%)

Colas y pegamentos (6%)

Tintas de impresión (6%)

Productos cosméticos (6%)

Desengrasantes (4%)

Plaguicidas (2%)

Productos de limpieza en seco (1%)

Debido a sus propiedades, existe una gran variedad de usos de los disolventes, abarcando la práctica totalidad de sectores industriales.

Algunas de las aplicaciones más comunes son:

- Industria alimentaria. Extracción de aceites y grasas: ciclohexano y sulfuro de carbono.
- Industria siderúrgica. Limpieza y desengrasado de piezas: tricloroetileno y cloruro de metileno. Refrigeración en procesos de corte: hidrocarburos alifáticos.
- Industria del calzado. Como disolventes de colas y pegamentos: mezcla de hexanos.
- Industria de plásticos y caucho. Como disolvente de materias primas y de transformación: dimetilformamida, cloroformo, acetona.
- Industria de la madera. Como disolventes de lacas y barnices: trementina, tolueno.
- Industria cosmética. Como dispersante: alcohol etílico, alcohol isopropílico, cloroformo.
- Industria farmacéutica. En síntesis de fórmulas.
- Industria de pintura. Como diluyente: tolueno, acetatos, cetonas, etc.
- Limpieza en seco. Como disolvente de sustancia orgánica: tetracloroetileno (Gadea & Santos, 2007).

† 1.4. ETANOL

El etanol, también conocido como “alcohol etílico” o sencillamente “alcohol”, es utilizado en bebidas alcohólicas, la industria química (solvente), el sector farmacéutico (desinfectante), y, en importante escala, como combustible alternativo al petróleo fósil.

Su producción requiere del proceso bioquímico de la fermentación de materias primas ricas en azúcares y/o almidones, como la caña de azúcar, el maíz y la mandioca.

1.4.6. Propiedades Físicas

Punto de ebullición: 79°C

Punto de fusión: -117°C

Densidad relativa (agua = 1): 0,8

Solubilidad en agua: miscible

Presión de vapor, kPa a 20°C: 5,8

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1,6

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,03

Punto de inflamación: 13°C c.c.

Temperatura de autoignición: 363°C

Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3.3-19

Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.32

♀

1.5. HEXANO

El hexano es un líquido incoloro con un olor parecido al del petróleo. Es menos denso que el agua e insoluble en ella, sus vapores son más densos que el aire.

El producto comercial generalmente contiene otros productos hidrocarbonados como isómeros de seis carbonos, benceno, algunos compuestos de 5 y 7 carbonos y otros con azufre, oxígeno, cloro o dobles ligaduras, aunque en menor proporción.

Se obtiene del petróleo. Por destilación de fracciones de las que se obtienen gasolinas o a través de reformados catalíticos, por medio de los que se obtienen compuestos aromáticos.

Una forma de obtener n-hexano de gran pureza es pasarlo a través de malla molecular, en la cual se retienen la n-parafinas y eluyen las ramificadas, cíclicas y compuestos aromáticos.

Un posterior cambio de temperatura y/o presión, permite recuperar las parafinas lineales.

En el caso de contener impurezas con dobles ligaduras u otros elementos como azufre, oxígeno o halógenos, entonces la purificación debe llevarse a cabo mediante hidrogenación.

Forma parte de la gasolina de automoviles y es utilizado en la extracción de aceite de semillas, como disolvente en reacciones de polimerización y en la formulación de

algunos productos adhesivos, lacas, cementos y pinturas.

También se utiliza como desnaturalizante de alcohol y en termómetros para temperaturas bajas, en lugar de mercurio.

Por último, en el laboratorio se usa como disolvente y como materia prima en síntesis (UNAM, 2014).

† Propiedades Físicas y Termodinámicas

Punto de ebullición: 69 °C

Punto de fusión: -95.6 °C

Densidad (g/ml): 0.66 (a 20 °C)

Índice de refracción (20 °C): 1.38 Presión de vapor (a 15.8 °C): 100 mm de Hg

Temperatura de autoignición: 223 °C

Límites de explosividad (% en volumen en el aire): 1.2-7.7

Densidad de vapor (aire=1): 3

Punto de inflamación (flash point): -21.7 °C

Temperatura de autoignición: 225 °C

1.6. COLOR.

1.6.6. Definición de Color.

El color es el resultado de procesos físicos, químicos, fisiológicos y psicológicos, por los cuales se capta la radiación por el ser humano en una longitud de onda entre 400 y 700 nm (Grafico 6), en este intervalo se inicia una reacción fotoquímica.

Posteriormente, hay una transferencia de información entre el ojo y el cerebro resultando en la percepción visual (Zollinger, 1991). Los tonos de los colores se deben principalmente al grado de absorbancia o reflectancia que tiene la luz visible sobre un sólido. Si la luz visible se refleja completamente en el sólido en una forma difusa y con completa reflectancia, el ojo humano percibe el color blanco. En caso de que el sólido absorba toda la luz, percibe el color negro. Si se absorbe una fracción constante de luz en el intervalo visible,

aparece el color gris. Estos colores se denominan colores acromáticos y se caracterizan por estar en el intervalo de 400-700 nm (Hendry, 1996) (Figura 4).

Los colores cromáticos muestran más de una banda en el espectro visible, específicamente en el intervalo de 400-700 nm donde absorben la luz que incide.

Cuando la luz se refleja por varios cromóforos en el sólido y la suma de los tonos iguala las intensidades relativas del espectro visible de la luz solar, se obtiene una impresión de luz incolora la cual se le denomina mezcla aditiva de colores (Zollinger, 1991).

Figura 5. Representación esquemática de la absorción de luz de sólidos coloridos.

Fuente: (Zollinger, 1991).

Hendry y Houghton (1996) menciona seis matices que puede percibir el ojo humano:

Rojo a una longitud de onda alrededor de 700 nm.

Naranja a 625 nm.

Amarillo cercano a 600 nm.

Verde a 525 nm.

Azul alrededor de 450 nm.

Violeta debajo de 400 nm.

Los pigmentos pueden sufrir cambios de coloración a través de movimientos de posiciones e intensidades de las bandas de absorbancia. Estos cambios en la absorbancia, de longitud de onda de mayor a menor, recibe el nombre efecto bato crómico e hipsocrómico. Al incrementar la magnitud del coeficiente de extinción (absorción) se produce un cambio conocido como efecto hiperocrómico, mientras que al disminuir dicho coeficiente, desciende la magnitud de la longitud de onda denominándose efecto hipo crómico (Zollinger, 1991).

Figura 6. Efecto de Cambios de Color en Pigmentos.

Fuente: (Zollinger, 1991).

Hendry y Houghton (1996) mencionan la causa de los cambios batocrómicos por las modificaciones estructurales en las moléculas:

1. Incremento en la longitud de la cadena
2. Ramificación de la cadena
3. Arreglo en una estructura de anillo individual (ciclización)
4. Adición de moléculas de nitrógeno u oxígeno
5. Enlace de dos o más anillos
6. Adición de ciertos metales de transición

En los pigmentos carotenoides, el color está en función del número de enlaces dobles conjugados en la molécula. El anillo en la estructura de algunos carotenoides influye en el color, lo que no ocurre en la estructura abierta del licopeno. De esta forma, el color que refleja el licopeno es rojo, mientras que el β -caroteno es naranja (Francis, 1999). La rotura excéntrica de β -caroteno, bajo ciertas circunstancias, puede generar otros productos de oxidación como b-apo-13'-carotenona, β -apo-8'-carotenal y otros β -apo-carotenales (10'-, 12'-, 14'-) identificados en homogenizados de tejidos (Tang, Wang, & Russell, 1991).

1.6.7. Medición de Color

El color es fundamental para que el ojo humano detecte y seleccione un determinado objeto. (Zollinger, 1991) Menciona tres formas fundamentales en el que el color puede ser descrito cuantitativamente: espectrofotométricamente, colorimétricamente y sensorialmente. El último en particular es un método subjetivo debido a que existe gran variación por ser dependiente de tres parámetros fisiológicos (brillo, matiz, y saturación).

La importancia del color, específicamente en los alimentos es la predeterminación de las expectativas del observador en sabor y aroma, debido a que se hace un juicio en base al color del alimento (Hendry, 1996). Los niveles de color afectan los niveles aparentes de dulzura y en consecuencia se estima el valor estético del alimento. Por ello, los colores pueden ser añadidos a los alimentos por varias razones:

Para reforzar los colores ya presentes en los alimentos pero en menor intensidad de lo que espera el consumidor.

Para asegurar la uniformidad del color en los alimentos de lote a lote.

Para preservar la apariencia original del alimento cuyo color ha sido afectado por el procesamiento. Para dar color a ciertos alimentos tales como la confitería y

bebidas.

♀

1.7. MÉTODOS ESPECTROFOTOMÉTRICOS

El método espectrofotométrico se basa en la determinación del espectro y cálculo de las coordenadas del espectro físico, graficando la transmisión o extinción (absorción) de una solución colorante utilizando como fundamento la Ley de Lambert-Beer (Pérez-Álvarez y col, 2000; Zollinger, 1991).

También se aplica por la relación entre la reflectancia de la materia colorante en un material como una función de la longitud de onda. De esta forma, la absorbancia de un colorante es directamente proporcional a la concentración del mismo (Zollinger, 1991). La cuantificación dada para cada molécula depende del coeficiente de absorción y en consecuencia de solvente utilizado (Rodríguez-Amaya, 1999). Para el espectro de los carotenoides apolares se utiliza solvente como hexano y para las xantofilas polares como etanol. Por ello, la longitud máxima (λ_{max}) es dependiente del solvente. En cualquier solvente dado, los valores de λ_{max} incrementan con la longitud del cromóforo. Los grupos carbonilos conjugados con la cadena polienica aumentan el tamaño del cromóforo y en consecuencia incrementan λ_{max} . Esto ocurre con la presencia de los grupos hidroxilo y metoxi (Hendry, 1996).

1.8. EVALUACIÓN DEL COLOR (Grados A.S.T.A.)

La coloración roja característica del pimiento rojo destinado a la elaboración del pimentón se debe a una extensa gama de colorantes rojos y amarillos, de naturaleza carotenoide. El método ASTA (AOAC International, 2002) es el más utilizado para la medición de la calidad comercial del pimentón, mediante la cuantificación indirecta del contenido total en carotenoides (García et al. 2007b).

1.8.6. Grados A.S.T.A. (American Spice trade Association)

Los grados A.S.T.A., presentes en la muestra de oleoresina, son determinados por el método de la norma internacional A.S.T.A. (A.S.T.A, 1989).

♀

Determinación de la tinción. El grado de tinción presente en la muestra de colorante es determinado por el método de Mínguez y Pérez-Gálvez 30 donde 0.025 g del extracto es disuelto en 50 mL de acetona y la absorbancia de la solución es medida a 470 y 454 nm en un UV-Vis HACH con arreglo de diodos, modelo 8453E. El grado de tinción es determinado por la relación de las absorbancias A470/A454.

2. METODOLOGIA

2.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrollo en los laboratorios de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala con coordenadas:

Latitud 3°17'07.19"

Longitud 79°54'46.17"

Figura 7. Fotografía satelital de la Universidad Técnica de Machala

Fuente: Google Earth, 2014.

♀

2.1.1. Tipo de Investigación

2.1.1.1. Descriptiva

Al conocer las características de la pulpa de arazá se describirá todas las etapas del proceso, sus características, parámetros y metabolitos obtenidos.

2.1.1.2. Experimental

Se manipularan las variables del procedo (relación pulpa-solvente, concentración del solvente y tiempo de agitación) con la finalidad de determinar la influencia de un cada factor en la obtención del colorante.

2.2. UNIVERSO Y MUESTRA

El universo de la presente investigación fue constituido por las cultivos de arazá de sitio Rio Bonito perteneciente al cantón El Guabo provincia de El Oro, de ellas se recolectara las muestras objeto de estudio.

El tipo de muestreo realizado fue aleatorio simple, se tomó 10 kilogramo por muestra.

2.3. DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Los parámetros de operación del proceso para obtener el colorante de la pulpa de arazá, se determinan por medio de un diseño estadístico de experimentos de tipo factorial, para encontrar las interacciones entre las variables que permitan obtener el mayor rendimiento en la obtención del colorante.

¶

Tabla 3: diseño experimental del experimento

Relación pulpa-
solvente

Hexano

Etanol

1:1

X

X

1:1,5

X

X

Fuente: Zhigui, 2014.

A continuación en la tabla 4 se muestran los tratamientos resultantes del arreglo factorial 2×2 (dos factores y 2 niveles para cada factor).

Tabla 4: Tratamientos Resultantes

Tratamiento

Relación

Pulpa-solvente

Tipo de solvente

A

1:1

Hexano

B

1:1

Etanol

C

1:1,5

Hexano

D

1:1,5

Etanol

Fuente: Zhigui, 2014.

2.4. OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL

La obtención de los colorantes natural se realizó a través de diversos medios, inicialmente se obtendrá el colorante amarillo a partir de la pulpa de arazá (*Eugenia stipitata*).

♀ Extracción

El procedimiento de obtención del colorante a partir de la pulpa de arazá implica la utilización de un rotavapor de vacío que solo fue utilizado para la obtención del colorante amarillo.

El empleo de este método garantiza que durante la extracción no existe la posibilidad de degradar las moléculas de colorante por efecto de temperatura debido a que se emplean bajas temperaturas durante la operación, además de permitir el uso de solvente según convenga.

Un evaporador rotatorio o ROTAVAPOR, es un dispositivo que se utiliza en laboratorios de química para la eliminación eficiente y suave de disolventes en sustancias a través de la evaporación. Los rotavapores también se utilizan en la cocina molecular para la preparación de destilados y extractos.

Figura 6: evaporador rotatorio "Rotavapor"

Fuente: Zhigui, 2014.

♀ Variables del Proceso de Extracción del Colorante de la Pulpa de Arazá.

Las variables del proceso que inciden en el rendimiento son: relación pulpa/solvente, concentración del solvente, tiempo de agitación, pH y temperatura de secado.

2.4.1.1. Relación Pulpa-Solvente.

Es una variable importante para llevar a cabo el proceso, porque indica cual es el volumen adecuado de solvente, según el peso de la pulpa.

Estudios realizados se han manejado relaciones de 1:1 y 1:1,5. Por lo tanto, y

teniendo en cuenta las relaciones utilizadas por, ésta es una de las variables que se deben considerar.

2.4.1.2. Concentración del Solvente.

Considerando que se trabajara con solventes orgánicos no polares como el etanol, este parámetro se maneja como variable del proceso, porque de ésta depende, en parte, el desprendimiento del colorante de la pulpa, teniendo en cuenta que en estudios realizados se han trabajado concentraciones entre 1 % p/v y 2 % p/v (peso por volumen) (Staller, 2012).

2.4.1.3. Tiempo de Agitación.

El tiempo de agitación es una de las variables que se debe considerar en el proceso, para determinar el tiempo que deben permanecer la pulpa en agitación para retirar la máxima cantidad de colorante, sin que éstas comiencen a desprender impurezas o quede buena parte de colorante sin separar. Se han trabajado diferentes tiempos de agitación, entre 30 y 60 minutos (ver anexo 10), según ensayos realizados por (Staller, 2012).

2.4.1.4. pH.

Cuando se desea que el colorante final sea en polvo, se requiere precipitar el colorante antes de filtrar; para lo cual se usa ácido sulfúrico. Se ha encontrado que el colorante a pH neutro es estable, pero que en un intervalo entre 2 - 2,5 se obtiene un mayor rendimiento

(Hendry, 1996); por lo tanto, aunque este es un parámetro importante para controlar, no se considera como variable y se trabaja en un intervalo de pH fijo de 2 a 2,5 (ver anexo 6).

2.4.1.5. Temperatura de Secado.

En estudios anteriores se ha encontrado experimentalmente que a temperaturas por encima de 60°C el colorante del arazá se degrada, disminuyéndose la calidad del colorante y el rendimiento del proceso. Por lo tanto, la temperatura no debe ser mayor a 50°C.

2.4.2. Diagrama de Bloques del Proceso para Ensayos en el Laboratorio

Fuente: Zhigui, 2014.

2.5. MÉTODOS ANALÍTICOS

2.5.1. Determinación del pH

La determinación del pH se la realizara introduciendo el electrodo del equipo Multiparametro (pH/ISE/CONDUCTIVIDAD/DO) TIPO ORION STAR A329 digital en el macerado de la pulpa de arazá-etanol (A.O.A.C. 32.016).

3.5.1.1. Determinación de Humedad

Se tomara una muestra de pulpa, se lo trituro hasta obtener una masa homogénea y se pesó 10 gramos en una capsula de porcelana previamente tarada. La capsula fue colocada en la plancha de calentamiento hasta secar completamente, sin quemarlo. Luego lleve la capsula a la estufa por un tiempo de 2 hrs, a una temperatura de 105 °C. Transcurrido el tiempo indicado retire la cápsula de la estufa, deje enfriar y pese de nuevo. Realice pesadas sucesivas hasta que el peso sea constante en tres ocasiones (Ver anexo 7).

3.5.1.2. Análisis de Cenizas

Se pesó 3 gramos de la pulpa de arazá en un crisol de porcelana, perfectamente limpio, introduciéndolo a la mufla a 550°C ± 25°C aproximadamente, durante una hora; extraer el crisol de la mufla e introducirlo a una estufa a 125°C ± 5°C, durante al menos 15 minutos. Se colocara el crisol al desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente. Determinar la masa del crisol en balanza analítica con aproximación de miligramos. Tomar una muestra representativa de dos gramos previamente secada y determinar la masa del crisol con la muestra en balanza analítica con aproximación a miligramos. Registrar el dato como B. Incinere la muestra utilizando un mechero hasta que no emita humo y las paredes del crisol esté blanco. Introducir el crisol, con la muestra calcinada, a la mufla a 550°C ± 25°C aproximadamente, durante una hora; extraer el crisol de la mufla e introducirlo a una estufa a 125°C ± 5°C, durante al menos 15 minutos. Pasar el crisol al desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente. Determinar el peso del crisol y del material calcinado en

balanza analítica con aproximación de miligramos. Registrar el valor como C (Ver anexo 8).

Expresión de resultados:

Cenizas % = $x100$

Dónde:

A= masa del crisol vacío en gramos

B= masa del crisol y la muestra seca en gramos

C= masa del crisol y la muestra calcinada en gramos

2.5.2. Determinación de la Concentración del Solvente

Para determinar la concentración de etanol se utiliza un flotador de vidrio lastrados con perdigones de plomo en la parte inferior. En la parte superior, llevan una escala graduada y esta graduación es diferente según vaya a ser su uso. Se llaman alcoholímetros a los densímetros destinados a medir riquezas alcohólicas por el valor de la densidad. Dan directamente el porcentaje de alcohol en volumen.

1. Se toma una probeta de 100 o 250 ml y se lava perfectamente. Se enjuaga interiormente con un poco del líquido problema. (El líquido de enjuagar se echa a la pileta con el grifo abierto.)
2. Se elige un densímetro y se introduce con cuidado en la probeta.
3. Si se observa que al soltarlo se va hacia el fondo, se coge, se limpia y se seca y se toma otro densímetro que mida densidades mayores. Así hasta dar con el adecuado.
4. Ya con el densímetro adecuado, se deja sobre la superficie del líquido dando una rotación con los dedos de forma que caiga girando.
5. De esta forma, cuando el densímetro se para, se puede medir en su escala sin que se quede adherido a la pared de la probeta.
6. Tomar la probeta con la mano y subirla hasta conseguir que el nivel del líquido quede a la altura de los ojos y hacer la lectura de la escala.

Figura 8. Medición de la concentración del etanol con el alcoholímetro

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/88/Alcoholmeter-_20091205.jpg/250px-Alcoholmeter-_20091205.jpg

Fuente: Martínez, 2014.

3.5.2. Medición de la Intensidad del Color.

3.5.2.1. Determinación de Grados ASTA.

Método (ASTA 20-1) American SpiceTrade Association. Método más aceptado para determinar analíticamente la calidad del colorante provenientes de vegetales.. El contenido de color se midió utilizando el espectrofotómetro UV visible para determinar la absorción de luz roja a través de un extracto (muestra de extracto de arazá en acetona), se llevó a cabo la lectura de las absorbancias a una longitud de onda de 470 nm (para los pigmentos rojos).

♀

Procedimiento:

Se pesó una muestra de extracto de arazá en polvo de 0.025 gr. y se lleva a un matraz volumétrico de 100 ml. con 25 ml de acetona, luego se agita durante 15 minutos y se deja en reposo durante 4 horas a temperatura ambiente y en la oscuridad, se filtra el líquido con la ayuda de un papel filtro, al filtrado se le realiza una dilución de 1/10 para poder tomar la lectura llevando una fracción de esta dilución a la celda del espectrofotómetro UV visible y se evalúa la absorbancia a 460 nm., utilizando acetona como blanco (Staller, 2012).

Las unidades ASTA -20.1, se obtuvieron, a partir de la siguiente fórmula:

Unidades ASTA-20.1= absorción de la solución*16.4/0.062 g-1 de muestra

ASTA = A*16,4/w

A = Absorbancia del extracto

W = Peso de la muestra seca en gramos

Figura 9. Medición de color en el colorante de arazá mediante espectrofotometría UV-visible

Fuente: Zhigui, 2015.

♀

Medición de los Compuestos Carotenoides

La evaluación total de carotenoides (TCC) sea empleado el método descrito para frutas (Chuah, y otros, 2008).

Procedimiento

Se pesaron 300 miligramos de muestra seca y se extrajeron a partir de 5 ml de solución acetona con agua en una relación 9:1 v/v.

Posteriormente se centrifugo durante 10 minutos a 4 °C y 3000rpm, tras lo cual se retiró el sobrenadante y se repitió la extracción 5 veces con 3 ml de solución acetona-agua hasta que el extracto dejo de tener color.

Finalmente se midió la absorbancia de la muestra a 471 nm mediante espectrofotometría UV-Visible, utilizando un blanco de acetona de los extractos obtenidos

El contenido total en carotenoides se ha calculado mediante la siguiente ecuación:

TCC (%) = A. 25ml acetona*100/peso de muestra

Donde

A = Absorbancia del extracto a 471 nm.

3.6. MATERIALES

3.6.1. Recursos empleados

3.6.1.1. Recursos humanos

- El investigador
- Tutor

3.6.1.2. Recursos físicos.

Para la obtención de colorante se utilizó los siguientes materiales: Frutos maduros de Arazá y Etanol.

♀

3.6.1.3. Equipos.

- Balanza de analítica marca Zhimaczu
- Rotavapor
- Bioreactores experimentales
- Espectrofotómetro UV visible
- Multiparámetro Orión Star
- Secador de bandejas
- Molinos de casero
- Filtros
- Destilador experimental

3.6.1.4. Reactivos.

- Hidróxido de sodio
- Ácido sulfúrico concentrado
- Dicromato potasio
- Soluciones Buffer
- Cetona

3.6.1.5. Insumos.

- Hojas de papel bond
- Computador Pentium III
- Impresora Epson LX - 300
- Hojas de papel bond

3. RESULTADOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA (PULPA DE ARAZÁ).

La determinación de los macro componentes de la pulpa de arazá, nos permitió conocer la concentración de cada uno de ellos y de esta manera conocer la cantidad de colorante que se obtuvo. A continuación en la figura 9 se muestra la composición porcentual de la

fruta
objeto de estudio.

Figura 10. Macro componentes de la pulpa de arazá

HumedadSolTotBrixCenizasGrasaFibra020406080100Mean2,4 ± 0,020,49 ± 0,062,06 ±
0,115,41 ± 0,0710,39 ± 0,1389,6 ± 0,13ComponentesPorcentajes

Fuente: Zhigui, 2015.

Como podemos observar en la figura 9, el porcentaje de sólidos solubles (° Brix), rico en carotenos, los cuales son los responsables de otorgarle la coloración amarilla al arazá (*Eugenia stipitata*) (Mejía, Narváez, & Restrepo, 2006).

3.2. EFICIENCIA DEL TIPO DE SOLVENTE ORGÁNICO (ETANOL Y HEXANO) PARA LA OBTENCIÓN DEL COLORANTE NATURAL PRESENTE EN LA PULPA DE ARAZÁ.

Al determinar la eficiencia de los dos solventes utilizados, hay que tener en cuenta que el hexano es un solvente apolar y el etanol es polar, determino la eficiencia de los dos solventes. A continuación se muestra los resultados de la eficiencia en la obtención de colorante amarillo mediante la utilización de los dos solvente utilizados.

Figura 11. Eficiencia en la obtención de colorante amarillo de la pulpa de arazá

Fuente: Zhigui, 2015.

La figura 2, nos permite ver que el etanol es el mejor de los dos solventes utilizados en la obtención de colorante a partir de la pulpa de arazá, logrando una eficiencia del 83,93% con una diferencia porcentual frente al hexano de 9,83%. La baja eficiencia del hexano en la extracción de colorante podría atribuirsele que es específico para matrices con alto contenido graso (Betron, 2010) y el arazá apenas posee un 0,5% en su composición total. A continuación se muestra el análisis de varianza de la eficiencia de los dos solventes en la extracción de colorante.

Tabla 3. Análisis de Varianza de la eficiencia del hexano y etanol en la extracción de colorante (ANOVA)

Fuente

Media

Varianza

N

Hexano

73,8

0,27

3

Etanol

83,9

0,36

3

F = 481, 48

p = 2,552E-5

Fuente: Zhigui, 2015.

Como nos indica la tabla 1, si existe diferencia significativa con un nivel de confianza del 95 % ($p < 0,05$), en la obtención de colorante, el solvente con mayor porcentaje de eficiencia lo alcanza el etanol con un 83,9 %.

3.3. INTENSIDAD DE COLOR DEL COLORANTE OBTENIDO MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VISIBLE.

La intensidad de color es un parámetro esencial para el control de calidad de un colorante, para lo cual se midió y analizó la intensidad de color en forma precisa y cuantificable, mediante espectrofotometría UV-visible, la intensidad del color se la cuantifico en función de los grados ASTA, según la ISO 7541 :1989. A continuación en la figura 3 se muestran las intensidades de color obtenidas.

Figura 12. Intensidad de color del colorante natural obtenido de la pulpa de arazá

Fuente: Zhigui, 2015.

Como podemos observar en la figura 3, la intensidad de color de colorantes obtenidos

mediante la extracción con hexano y etanol, dieron grados ASTA (American Spice Trade Association) similares a los obtenidos en los frutos de Páprika lavados y secados en invernadero solar (Iriarte, Garcia, Carbajal, Paunero, & Tomalino, 1996).

♀

3.3.1. Contenido de Carotenoides Totales

Los carotenoides son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos presentes en las frutas durante su etapa de maduración. (Calvo, 2013). A continuación en la figura 12 se muestran la concentración de carotenoides del colorante obtenidos.

Figura 13. Concentración porcentual de carotenoides presentes en el colorante a partir de la pulpa de arazá

Fuente: Zhigui, 2015.

El contenido de carotenoides presentes en el colorante amarillo a partir de la pulpa de arazá, en el colorante extraído con etanol tuvo una concentración de carotenoides mayor a las que presento una diferencia de 8,58 %.

3.4. ESTABILIDAD DEL COLORANTE

La estabilidad de los colorantes naturales son afectados en muchos casos por la luz y en mayor proporción por el calor, para lo cual se realizó el estudio de estabilidad del colorante almacenado a temperatura de refrigeración (4 °C), midiendo su intensidad de color cada 15 días por el lapso de durante 90 días.

♀

A continuación en la figura 4 se muestra la estabilidad del color natural obtenido mediante la utilización de dos solventes orgánicos (hexano y etanol).

Figura 14. Estudio de la estabilidad del color durante 3 meses de almacenamiento (4°C)

0153045607590210212214216218220222224226228230232234m = -0,014m = -0,022
Extracción con Etanol
Extracción con Hexano Grados A.S.T. A tiempo (días)

- . Extracción con hexano
- . Extracción con etanol

Fuente: Zhigui, 2015.

Como podemos apreciar en la figura 14 la degradación del color es mínima durante los 90 días de duro la prueba de estabilidad del colorante en estudio, en el colorante donde se utilizó hexano para su extracción se degradó en 2,05 grados A.S.T.A. (0,92 %) y en

el que se utilizó etanol un 1,29 ° A.S.T.A. (0,58 %).

3.5. RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL COLORANTE OBTENIDO EN RELACIÓN A LOS COLORANTES SINTÉTICOS EXISTENTES EN EL MERCADO LOCAL.

Se midió la rentabilidad económica de la producción de colorante natural a partir de pulpa de arazá frente al colorante Cúrcuma longa y paprika. A continuación en la tabla xx se muestran los resultados de la comparación de rentabilidad.

8

Tabla 4. Análisis Beneficio /Costo de la producción de colorante de Arazá

COMPONENTES

CANTIDAD

COSTOS

TOTAL USD

Materia Prima

1

1

1

Solvente (etanol)

0,5

1

0,5

Papel filtro

1

0,01

0,01

Agua

1

0,08

0,08

Mano de obra

1

1

1

Total

2,59

Colorante obtenido

0,1

2,59

Costo para producir 1 Kg de colorante

25,9

Costo de 1 Kg de colorante

33,67

Beneficio/Costo

1,3

Fuente: Zhigui, 2015.

Como se puede observar en la tabla 2 el beneficio costo en la producción de colorante a partir de la pulpa de arazá es de 1,3, esto quiere decir que por cada dólar que se invierte en la producción de colorante se obtendrá 1,3 dólares, obteniendo una rentabilidad del 30 %.

A continuación en la figura 5 se muestra la comparación del precio del colorante a partir de la pulpa de arazá con dos colorantes naturales existente en el mercado local.

Figura 15. Comparación de precios de tres colorantes naturales

Fuente: Zhigui, 2015.

Se realizó una comparación de precios del colorante obtenido con dos colorantes naturales muy conocidos y utilizados. El precio del kilogramo de colorante a partir de arazá, según el análisis beneficio /costo el costo es de 33,67 dólares americanos, menos 3,53 dólares menos que lo que cuesta el kilogramo de Cúrcuma longa y 21,89 dólares más que el kilogramo de páprika

♀

4. CONCLUSIONES

- Mediante la caracterización fisicoquímica del arazá, se determinó que esta fruta posee un 5,41 de sólidos solubles (° Brix), y un 3,71 % de compuestos carotenoides, los cuales son los responsables de otorgarle la coloración amarilla al arazá (*Eugenia stipitata*) (Mejía, Narváez, & Restrepo, 2006).

- El solvente que tuvo mayor eficiencia fue el etanol, logrando una eficiencia del 83,93 % con una diferencia porcentual frente al hexano de 9,83 %. La baja eficiencia del hexano en la extracción de colorante podría atribuirsele que es específico para matrices con alto contenido de grasa (Betron, 2010) y el arazá apenas posee un 0,5 % en su composición total. El análisis de varianza aplicado a la eficiencia de los dos solventes utilizados nos indica que si existe diferencia significativa con un nivel de confianza del 95 % ($p < 0,05$), en la obtención de colorante, el solvente con mayor porcentaje de eficiencia lo alcanza el etanol con un 83,9 %.

- La intensidad del color de los colorantes obtenidos mediante la utilización de dos tipos de solventes (hexano y etanol), dieron grados ASTA (American Spice Trade Association) similares a los obtenidos en los frutos de páprika lavados y secados en invernadero solar (Iriarte, García, Carbajal, Paunero, & Tomalino, 1996).

- La degradación del color (A.S.T.A) en el colorante amarillo obtenido de la pulpa de arazá, es mínima durante los 90 días de dura la prueba de estabilidad, en el colorante donde se utilizó hexano para su extracción se degradó en 2,05 grados A.S.T.A. (0,92 %) y en el que se utilizó etanol un 1,29 ° A.S.T.A. (0,58 %).

♀
- El análisis beneficio /costo en la producción de colorante natural a partir de la pulpa de arazá es de 1,3, esto quiere decir que por cada dólar que se invierta en la producción de colorante se obtendrá 1,3 dólares, obteniendo una rentabilidad del 30 %. La comparación de precios del colorante obtenido con dos colorantes naturales muy utilizados en el mercado local. El precio del colorante a partir de arazá, según el análisis beneficio /costo el costo es de 33,67 dólares americanos, menos 3,53 dólares menos que lo que cuesta el kilogramo de Cúrcuma longa y 21,89 dólares más que el kilogramo de páprika.

♀ 5. RECOMENDACIONES

- El estado de madurez del fruto de arazá debe ser el óptimo, cuando se lo utilice para la obtención de colorante, debe estar completamente amarillo, en este estado la concentración de carotenoides compuestos responsables de otorgar el color amarillo al arazá es mayor, de esta manera se obtendrá una mayor intensidad de color amarillo en el colorante.

- La elección del tipo de solvente, se la debe realizar tomando en consideración el tipo y las propiedades de la materia prima que se esté procesando, de esto dependerá la concentración de colorante que se obtendrá.

- Se plantea utilizar nuevos métodos de obtención de colorantes naturales los cuales no afecten la calidad del producto, entre ellos la liofilización método muy eficiente pero con la única desventaja que involucra el alto costo de adquisición del equipamiento que se utiliza en el proceso.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. De Robayo, M. O. (2000). Extracción y secado por atomización del Colorante de la Mora de Castilla (*Rubus Glaucus*) para obtener un producto en polvo. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
2. A.S.T.A. (1989). Determination of total natural coularing matter content.
3. Ariza, A. (2000). Biología floral y caracterización morfológica de 6 ecotipos de arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh) en el departamento del Caquetá. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Tesis (Pregrado).
4. Ariza, A. (2000). Biología floral y caracterización morfológica de 6 ecotipos de arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh) en el departamento del Caquetá. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Tesis (Pregrado), Pág. 49.
5. Asohofrucol. (2013). Asociación Colombiana de Frutas y Hortalizas de Colombia. Recuperado el 13 de Abril de 2013, de <http://www.asohofrucol.com.co/>.
6. Barrera, J., Hernández, M. S., Galvis, J., & Acosta, J. (1996). Prefactibilidad técnico-económica para el procesamiento del arazá (*Eugenia stipitata* Me Vaugh) y DELCOPOAZÚ (*Theobroma grandiflorum* Will. ex Spreng), en la zona de colonización de San José del Guaviare. *Agronomía Colombiana*, Págs. 91-105.
7. Caballero, R. (1995). La etnobotánica en las comunidades negras e indígenas de delta del río Patía.
8. Calvo, M. (2013). Carotenoides. *Bioquímica de los alimentos*, Pág. 1.
9. Cano, L. A. (2011). Extracción y uso de tres pigmentos naturales a partir de tomate de árbol . *Escuela Politecnica del Ejército*, Pág. 45.
10. Cheverry, V. M., & Jimenez, D. S. (1998). Extracción De Materiales-Colorantes Naturales A Partir De Materiales De La Mora De Castilla (*Rubus Glaucus*). Universidad Nacional, Sede Manizales.

11. Chuah, A., Lee, Y., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L., & Matoba, T. (2008). Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food chemistry*, Págs. 20-28.
12. Cristie, J. (2010). *Eadkopolis, Procesos De Transporte Y Operación Unitarias*. The Ohio State University.
13. ENCYCLOPEDIA OF FOOD SCIENCE. (1988). *Food Technology and Nutrition*. Segunda Edición. Vol. 1.
14. FAO. (1999). *ARAZA (Eugenia stipitata) Cultivo y Utilización*. Secretaría Pro Tempore.
15. Gadea, D. R., & Santos, T. (2007). *Sustitución de sustancias disolventes peligrosas*. Guía para delegados y delegadas de prevención - Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), Págs. 10-11.
16. Galvis, J. A., & Hernández, M. S. (1993). *Análisis del crecimiento del fruto y determinación del momento de cosecha del arazá (Eugenia stipitata)*. Colombia Amazonica., Págs. 107-121.
17. Galvis, J. A., & Hernández, M. S. (1993). *Análisis del crecimiento del fruto y determinación del momento de cosecha del arazá (Eugenia stipitata)*. Colombia Amazonica, 6(2), Págs. 107-121.
18. Galvis, V. J., & Hernández, M. S. (1993). *Comportamiento fisiológico del arazá (Eugenia stipitata) bajo diferentes temperaturas de almacenamiento*. Colombia Amazonica, .
19. Graham, R., & Rosser, J. (2000). *Carotenoids in staple foods: their potential to improve human nutrition*. *Food Nutr Bull*. 21, Págs. 405-409.
20. Granado, F., Olmedilla, B., & Blanco, I. (2003). *Nutritional and clinical relevance of lutein in human health*. *Brit. J. Nutr*, Págs. 487-502.
21. Hendry, G. y. (1996). *Natural food colorant*. 1-141.
22. Hernández, M. S., & Fernández, T. J. (2004). *Arazá fruit*. *USDA Agricultural Handbook No. 66*. K. C. Gross, M. C. Saltveit, C. Y. Wang.
23. INRS. (2007). *2 Instituto Francés de Seguridad e Higiene*.
24. Iriarte, A., García, V., Carbajal, D., Paunero, I., & Tomalino, L. (1996). *Secado solar de pimiento para pimentón en invernadero macro túnel*. *Resúmenes X Congreso Nacional de Recursos Naturales Aromáticos y Medicinales, 21 al 23 de noviembre*, Pág. 51.
25. Khachik, F., Beecher, G., Goli, M., Lusby, W., & Smith, J. (1992). *Separation and identification of carotenoids and their oxidation products in the extracts of human plasma*. *Anal. Chem*, Pág. 22.
26. Klinger, W., Pinzón, A., Pachón, M., Rojas, L., & Aragón, J. (2002). *Estudio de las especies promisorias productoras de colorantes en el trapecio amazónico*. Centro de Investigación y Desarrollo Científico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
27. Mancheño, P. M. (2008). *EXPOSICIÓN LABORAL A DISOLVENTES*. Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente, Pág. 42.
28. Martínez, J. P. (2011). *Eugenia stipitata*. *Botanofilia*.
29. McCabe, W., Smith, J., & Harriott, P. (1994). *Operaciones Unitarias En Ingeniería Química*. Editorial McGraw Hill.
30. McVaugh, R. (1956). *Tropical American Myrtaceae*. *Fieldiana Botany*, Págs. 145-228.
31. Mejía, L. J., Narváez, C. E., & Restrepo, L. P. (2006). *Cambios físicos, químicos y*

sensoriales durante el almacenamiento congelado de la pulpa de arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh). Agron. Colomb, vol.24(no.1).

32. Minguez, M. M., Perez, G. A., & Hornero, M. D. (2000). Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales; mucho más que simples "colorantes" naturales. Agrocsic.

33. Narváez, C. C. (2008). Extracción y medida de peroxidasa en pulpa de arazá (*Eugenia stipitata* MC Vaugh). Quím. Nova, Pág. 2.

34. O'Neill, M., Carroll, Y., Corridan, B., & Olmedilla, B. (2001). A European carotenoid database to assess carotenoid intakes and its use in a five-country comparative study. Brit. J. Nutr, Págs. 499-507.

35. Pablo, H., Reginato, A. J., & Schumacher, H. R. (1983). Alizarina S tinción roja como prueba de tamizaje para la detección de compuestos de calcio en el líquido sinovial. PubMed Commons.

36. Peto, R., Doll, R., Buckley, J., & Sporn, M. (1981). Can dietary beta-carotene materially reduce human cancer rates?. . Nature 290, ., Págs. 201-208.

37. PQBio. (2013). Los pigmentos en la naturaleza. ArgenBio.

38. Quiminet. (2010). Usos y aplicaciones del Hexano. Quiminet.com.

39. Sinchi, I. A., & Ambiente., M. d. (2008). Colombia Frutas de la Amazonia.

40. Staller, G. M. (2012). Caracterización morfológica Agronómica de la calidad del

pimenton y pimenton de la variedad Tap de corti. Conselleria de Agricultura , medi ambient i Territori, Pág, 59.

41. Tang, G., Wang, X., & Russell, R. (1991). Characterization of β -apo-13-carotene and β -apo-14'-carotenal as enzymatic products of the excentric cleavage of β -carotene. Biochem., 30, Págs. 9829-9834.

42. UNAM. (2014). HOJA DE SEGURIDAD XIII -HEXANO. Obtenido de <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/13hexano.pdf>

43. Vargas, A., Rivera, C. A., & Narváez, C. E. (2005). Capacidad antioxidante durante la maduración del arazá . Rev. Col. Quím. 34, Pág. 65.

44. Zollinger, H. (1991). Color Chemistry. Synthesis, properties and applications of organic dyes and pigments. 52-56.

ANEXOS

Anexo 1: Selección de los frutos de arazá que se utilizaron en la obtención del colorante

Anexo 2: Recepción de los frutos de arazá que se utilizaron en la obtención del colorante

♀
Anexo 3: Lavado de los frutos de arazá que se utilizaron en la obtención del colorante

Anexo 4: Pesado de una muestra de arazá para el cálculo del rendimiento

♀
Anexo 5: Pesado de una muestra de pulpa de arazá para la determinación de la humedad

Anexo 6: Medición del pH en la pulpa de arazá

♀
Anexo 7: Secado de las muestras en la estufa

Anexo 8: Calcinación de la muestra para la determinación de humedad

♀
Anexo 9: Medición de los grados Brix de la pulpa de arazá

Anexo 10: Agitación de los extractos de arazá para la obtención del colorante

♀
Anexo 11: Llenado de muestra en el balón del rota vapor

Anexo 12: Secado del extracto para la obtención del colorante en el rota vapor a presión de vacío

⌘
Anexo 13: Colorante amarillo obtenido

Anexo 14: Pesado de la muestras para la medición de color del colorante de arazá

⌘
Anexo 15: Tratamiento de las muestras para la medición de la intensidad de color

Anexo 16: Filtrado de las muestras para la medición de la intensidad de color

⌘
Anexo 17: Medición de la intensidad de color mediante espectrofotometría UV-Visible

⌘