



**OBTENCIÓN DE UN COLORANTE DE MARACUYÁ A PARTIR DE SU
CORTEZA.**

Directores:

**MARTHA PATRICIA TARAZONA DÍAZ.
NUBIA LILIANA BECERRA OSPINA**

Estudiantes:

**RICHARD ESTEBAN BELTRÁN CRUZ
JOHAN SEBASTIAN PIEDRA CASTAÑEDA**

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Departamento de Ingeniería

Bogotá, D.C.- Colombia
Noviembre 20, 2017

**OBTENCIÓN DE UN COLORANTE DE MARACUYÁ A PARTIR DE SU
CORTEZA.**

Directores:

**MARTHA PATRICIA TARAZONA DÍAZ.
NUBIA LILIANA BECERRA OSPINA**

Estudiantes:

**RICHARD ESTEBAN BELTRÁN CRUZ
JOHAN SEBASTIAN PIEDRA CASTAÑEDA**

Tesis de grado a optar por ingeniero químico

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Departamento de Ingeniería

Bogotá, D.C.- Colombia
Noviembre 20, 2017

Nota de aceptación

Firma del presidente de jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, Noviembre 20 de 2017.

Agradecimientos

A Dios en primer lugar que con su desinteresada voluntad nos permitió y ayudo en cada momento de la carrera y de la vida.

Especial agradecimiento a nuestras familias que a pesar de momentos fáciles y difíciles siempre brindaron apoyo y aún colaboración en momentos donde fue crucial y oportuno.

A cada profesor que con su increíble talento estuvo presente aportando de acuerdo a sus posibilidades el conocimiento y herramientas para que los aspirantes tengan capacidades y posibilidades de desenvolverse en diferentes ámbitos tanto profesionales como personales.

A cada técnico y empleado administrativo presente para colaborar en aspectos tanto administrativos como prácticos, aportando siempre la mejor disposición y acatando las normas establecidas por el sistema educativo.

A nuestra directora y codirectora del proyecto que con su ánimo y disposición generaron un ambiente de trabajo agradable y adecuado, que con sus consejos y sugerencias tomaron gran importancia no sólo en el proyecto, sino también en vida profesional.

Resumen

Durante el manejo de post-cosecha posterior a la transformación del maracuyá en productos alimenticios, se genera alrededor de un 50% de corteza como subproducto, generándose una problemática en cuanto a la disposición de la corteza en Colombia por ejemplo, donde en el año 2011 se produjo una cantidad de 158.548 toneladas del fruto. Por ello en este trabajo la finalidad fue la extracción de betacaroteno a partir de este subproducto con fines de su valorización, el estudio se realizó por cuatro métodos de extracción denominados inmersión, osmosis, baño termostático y extracción soxhlet.

Los resultados obtenidos fueron: Inmersión, con fracción muestra solvente 1:6, a 29°C, 500rpm y con 0,03% de ácido cítrico a 2 horas (113.09 µg de carotenoides/100g muestra), Osmosis, con fracción 1:6 y a 29°C por 24 horas (179.76 µg de carotenoides/100g muestra), baño termostático, con fracción muestra solvente de 1:40, ácido cítrico al 0,03% y 60°C por 24 horas (10.34 µg de carotenoides/100g muestra), y finalmente extracción soxhlet, con fracción muestra solvente de 1:40 y 74°C por 2 horas (1037.99 µg de carotenoides/100g muestra). De acuerdo a estos resultados, el método soxhlet arrojó un mayor rendimiento, por ello para este método de extracción se generaron los ensayos utilizando design expert con un nivel de significancia (α) de 2, resultando en 20 ensayos de extracción soxhlet, de los cuales se obtuvo como condiciones de mayor extracción de colorantes el tratamiento con fracción muestra solvente de 1:50 para una muestra de 5g con etanol al 85% (1903.51 µg de carotenoides/100g muestra). Finalmente, la muestra se caracterizó determinando un análisis de color y se comparó con un colorante comercial como la tartrazina.

Palabras clave: *Passiflora Edulis flavicarpa*, corteza, carotenoides, soxhlet, subproducto.

Abstract

During the post-harvest handling after the transformation of the passion fruit in food products, is generated around 50% of peel like by-product, generating a problem in

terms of the arrangement of the peel in Colombia for example, where in 2011 there was an amount of 158,548 tons of fruit. Therefore in this work the purpose was the extraction of the beta-carotene from this by-product, the study was realized by four methods of extraction like immersion, osmo-dehydration, thermostatic bath and soxhlet extraction.

The results obtained were; Immersion, with sample-solvent fraction 1:6 at 29°C, 500 rpm and 0.03% of citric acid per 2 hours (113.09 µg of carotenoids/100g of sample), osmo-dehydration, with sample-solvent fraction 1:6 at 29°C per 24 hours (179.76 µg of carotenoids/100g of sample), thermostatic bath, with sample-solvent fraction 1:40 at 60°C per 24 hours (10.34 µg of carotenoids/100g of sample) and finally soxhlet extraction, with sample-solvent fraction 1:40 and 74°C per 2 hours (1037.99 µg of carotenoids/100g of sample). According to these results, the soxhlet method provided a higher yield, therefore for this extraction method was generated the tests using design expert with an significative level (α) of 2, resulting in 20 soxhlet extraction tests of which was obtained like higher extraction of colorants conditions the treatment with sample-solvent fraction 1:50 for a sample of 5g with ethanol at 85% (1903.51 µg of carotenoids/100g of sample). Finally the sample was characterized determining a color analysis and was compared with a commercial colorant like the tartrazine.

Keywords: *Passiflora Edulis flavicarpa*, peel, carotenoids, soxhlet, by-products.

1. INTRODUCCIÓN

El maracuyá (*Passiflora Edulis flavicarpa*) es una fruta exótica nativa de América, cultivada en climas tropicales, específicamente en Brasil, Bolivia, Ecuador, Perú, Colombia, Venezuela, entre otros (FAO, 2014). En Colombia según DANE (2011) se registró una producción de 158.548 toneladas, siendo el departamento del Huila el principal productor con un 38.6% de actividad. Regularmente debido al costo de su valorización (compost, lombricultura, obtención de pectinas y

combustibles etc...) deciden transportarlos como residuos a vertederos o rellenos sanitarios los cuales cada vez se quedan más pequeños. (Yepes et al, 2008)

En cuanto a su composición nutricional, el maracuyá tiene 85.62% humedad, 13.6% de carbohidratos, 6mg de sodio, 278mg de potasio y 17mg de magnesio por cada 100g de muestra (Rodríguez-Amaya, 2012), la fruta tiene un pH de 2.86 ± 0.05 , acidez de 4.02 ± 0.07 g por cada 100g de muestra, contenido de sólidos solubles de 17.0 ± 0.14 (Kulkarni y Vijayanand, 2010). El colorante predominante es la β -criptoxantina, con 24.99 mg por cada 100g de muestra, mientras el contenido de carotenoides totales es de 25.1 mg por cada 100g del fruto (Pertuzatti et al, 2015).

En un proceso de producción agroindustrial se extrae únicamente la pulpa mucilaginoso del fruto separando las semillas y la cáscara como desechos (Leão et al, 2014). Se estima que los desechos están alrededor de 63%, donde el 13% son semillas y 50% corteza (Kulkarni y Vijayanand, 2010). Estos desechos generan problemas ambientales, económicos y de gestión, sin embargo, su revalorización, es una oportunidad de investigación y desarrollo tecnológico. Por lo cual se han realizado algunos estudios que contribuyen al aprovechamiento de este desecho, tales como la trituración de la cáscara hasta formar una harina que se pretende incorporar en la fermentación de yogures (Do Espírito Santo et al, 2012), prensado en frío de los subproductos para la generación de un potenciador de aromas (Leão et al, 2014), desarrollo y caracterización de películas flexibles a partir de almidón de mesocarpio de maracuyá con nanopartículas (Nascimento et al, 2012), harina de la cáscara para uso como hidrocoloide (Coelho et al, 2017), extracción de aceite de las semillas (Oliveira et al, 2013) y extracción de piceatanol y Scirpusin B del bagazo de maracuyá (Viganó et al, 2016).

De igual forma algunos subproductos también son estudiados para llevar a cabo la extracción de colorantes, ejemplo de esto son la cáscara de las pitahayas *Hylocereus sp.* Mello et al. (2015) Y *H. polyrhizus (Weber)* Britton Faridah et al. (2015) (101 y 73 mg/100g muestra respectivamente), cáscara de fruto de *opuntia*

stricta (89.29mg/100g de muestra) (Koubaa et al, 2016), los anteriores subproductos poseen como colorantes las betalainas (color rojo). También las hojas de uva (17.941µg/100g de muestra) y hojas de batata (16.937µg/100g de muestra) que poseen colorantes como los carotenoides (U.S. Department of Agriculture, 2016).

Los colorantes naturales como los carotenoides entre ellos el β -Caroteno presentes en la cáscara de maracuyá son una alternativa a los colorantes sintéticos tales como la tartrazina. Según la norma técnica colombiana (NTC 409) la cual establece los colorantes permitidos en la industria alimenticia y los requisitos que deben cumplir, define los colorantes sintéticos como aquellos obtenidos por síntesis, por otra parte, define los colorantes naturales como aquellos que son provenientes de origen animal, vegetal o mineral o el extracto de principio colorante obtenido de una fuente natural (NTC 409, 1978)

El β -Caroteno es un pigmento natural derivado de la vitamina A, se reconoce como un compuesto efectivo como antioxidante, tiene un color entre amarillo y rojo intenso y está presente en vegetales frutas y hortalizas (Restrepo, 2007). Por otra parte, la tartrazina al igual que el β -Caroteno hace parte de la lista de colorantes del CODEX STAN 192-1995, el cual se presenta en forma de polvo artificial de color amarillo y ha sido ampliamente utilizado en la industria alimentaria como aditivo para dar color a diferentes alimentos, no obstante, ha sido estudiada debido a la incertidumbre de sus efectos alergénicos y de toxicidad en el organismo (Restrepo et al, 2006). Algunos de los efectos negativos por el consumo de tartrazina documentados son el aumento de la hiperactividad en niños y reacciones de intolerancia en consumidores aún bajo la ingesta diaria aceptable por la FAO y la OMS equivalente a 7,5 mg/Kg peso/día (EFSA, 2009).

Estos colorantes pueden presentarse en forma de polvo, pasta, solución, extractos o lacas inocuas, dispersiones, emulsiones o granulados, y en función de la presentación que se pretenda desarrollar estos se pueden mezclar con sustancias no tóxicas establecidas en la NTC 409 tales como el agua y el etanol. De igual

forma los colorantes deben estar exentos de sustancias tóxicas y no deben ocultar reacciones generales de los colorantes no permitidos. Finalmente, los colorantes no pueden producir reacciones secundarias en un alimento; además, no deben usarse para ocultar las alteraciones o disimular la calidad del alimento. (NTC 409, 1978). La tartrazina abarca un gran rango de productos alimenticios en el mercado tales como bebidas, pasabocas, dulces y galletería (Restrepo, 2007), repostería, helados, cereales, sopas entre otros. (Parra, 2004).

Por otra parte se tiene que frutos como las pasifloras poseen beta carotenos como colorantes naturales, según Rodríguez-Amaya (2012) por cada 100g de fruto el maracuyá posee 419 μ g de betacaroteno, la gulupa 743 μ g y maracuyá del Brasil 570 μ g. Mientras se reporta los siguientes contenidos de betacarotenos en frutos también por cada 100g de muestra, aguacate 81 μ g (Granado F, 1992), arándano 204 μ g (O'Neill M, 2001), cereza 13 μ g (Olmedilla, B, 1993), ciruela amarilla 117 μ g (Olmedilla, B, 1993), frambuesa 8 μ g (Granado F, 1992), kiwi amarillo 32 μ g, kiwi verde 16 μ g (Bonat y Su-Ling, 2016), mandarina 213 μ g (Olmedilla, B, 1993), mango 152 μ g (Bonat y Su-Ling, 2016), manzana 20 μ g (Olmedilla, B, 1993), melocotón 64 μ g (Olmedilla, B, 1993), melón 21 μ g (Olmedilla, B, 1993), mora 78 μ g (O'Neill M, 2001), naranja 48 μ g (Olmedilla, B, 1993), papaya 276 μ g (Holden J, 1999), pera 2 μ g (Olmedilla, B, 1993), piña 57 μ g (Bonat y Su-Ling, 2016), plátano 77 μ g (Olmedilla, B, 1993), pomelo amarillo 5 μ g (O'Neill M, 2001), sandía 77 μ g (Olmedilla, B, 1993), tamarindo 8 μ g (Holden J, 1999), tomate 494 μ g (Granado F, 1992) y uvas negras 39 μ g (Holden J, 1999). De lo anterior se resaltan las pasifloras como un grupo en gran cantidad de betacarotenos en su composición, y aunque el maracuyá no es el mayor exponente de las pasifloras, si es un gran aportante de los colorantes naturales con referencia a todas las frutas anteriormente citadas.

Se pretende por medio de la investigación y práctica detallada en el presente trabajo reconocer una metodología que efectúe una recuperación con mayor rendimiento de carotenoides partiendo de corteza de maracuyá y un medio

extractivo de solución etanólica, posterior a ello estudiar las condiciones determinadas que aporten el mayor rendimiento en el proceso de transferencia de β -Carotenos a la solución de etanol y finalmente comparar sus propiedades colorimétricas con la tartrazina.

Por lo tanto el objetivo de este trabajo, fue obtener un colorante natural a partir de la corteza del maracuyá, mediante un diseño experimental con un valor α de 2, usando design expert. Una vez obtenido el extracto con las mejores condiciones se procedió a realizar la caracterización de índice de color, contenido de carotenoides, y comparación con un colorante artificial como la tartrazina.

2. METODOLOGÍA

2.1. Material Vegetal

5.5 kg de fruta (*Passiflora edulis flavicarpa*) fue obtenida en un mercado local en Bogotá, Colombia. La fruta fue seleccionada, eliminando las que tenían defectos de calidad, como rajado, cortes, magulladuras, entre otros. La fruta fue almacenada a 8°C durante 12 horas en el laboratorio de la UJTL.

2.2. Análisis físico-químico

2 kg de fruta fue utilizada para la caracterización fisicoquímica inicial, en la cual se determinó, peso por medio de balanza (Ohaus, Estados Unidos), contenido de humedad, mediante balanza de humedad (Mettler Toledo, Suiza). El pH, empleando un pH metro digital (Mettler Toledo, Suiza). Acidez total por titulación, (AOAC 2000). Y sólidos solubles por medio de un refractómetro.

2.3. Tratamiento de las muestras (liofilización, molido y tamizado)

Se utilizó 3.5kg de fruta entera, fue lavada y cortada anteriormente para poder separar la corteza y la pulpa esto se realizó manualmente. La corteza se cortó

en trozos de 4cm, después se congeló a -35°C por 24 horas, luego se llevó al liofilizador (18in de mercurio, 20°C, 8 días) en un liofilizador (Drycol, Funza, Colombia), transcurrido este tiempo, se obtuvo la muestra para la determinación de humedad (Mettler Toledo, Suiza) obteniéndose un 4.6% de contenido de humedad, se continuó con el proceso de molienda, donde se usó un molino de palas (Retsch sk-100, Alemania) con criba de 0.75µm, obteniéndose un tamaño de partícula de cáscara uniforme, después de esto se empacó al vacío (multivac, Wolfertschwenden, Alemania), para evitar su rehidratación.

2.4. Métodos de extracción

Se realizaron cuatro (4) pruebas preliminares de extracción tomando como referencia los métodos reportados en la literatura, inmersión (Mojica et al, 2017), osmosis (Avendaño et al, 2014), baño termostático (Menéndez, 2008) y extracción Soxhlet (Avendaño et al, 2014), esto se realizó para poder determinar el método más eficiente de extracción. Teniendo el diseño con el mayor rendimiento se llevó a cabo el diseño experimental propuesto en design expert.

2.4.1. Método de inmersión

El primer método planteado fue el de inmersión de acuerdo a lo planteado por Mojica et al (2017) con algunas variaciones en cuanto a fracción muestra – solvente, la cual se trató como (1:6) con 5.04g de muestra y 30mL de solución de etanol al 90% con un 0.03% de ácido cítrico, asegurando cubrir la muestra con solución. El proceso se llevó a cabo al sumergir la muestra en la solución etanólica a 500rpm en un shacker (Ika, Staufen, Alemania) por 2 horas a 29°C y aislada de la luz para evitar oxidación en la muestra.

2.4.2. Osmo-deshidratación.

Con una solución etanólica al 90% y una relación muestra-solvente (1:6) por 24 horas a 29°C, según lo sugerido por (Torregiani, D, 2001).

2.4.3. Baño termostático

Se usó la metodología descrita por Menéndez (2008), Se preparó una solución etanólica al 90% y 0,03% de ácido cítrico, luego se sumergió la muestra de 5.025g en 200mL de solvente, manteniendo una relación de (1:40) muestra – solvente, a una temperatura de 60°C, se cubrió de la luz la muestra sumergida, se empleó un baño termostático (Memmer, Alemania). Se sometió a esta temperatura por 24 horas, y finalmente se obtuvo el extracto etanólico.

2.4.4. Extracción soxhlet

La relación muestra-solvente tomada fue 1:40, se usó etanol al 90% en un balón de 250mL, se ensambló el montaje soxhlet de 100ml en una plancha de calefacción (Velp, Italia) que aumentó la temperatura del etanol hasta punto de ebullición, la temperatura se mantuvo en los intervalos de 72-75°C, en la parte superior del montaje se condensaba utilizando agua de enfriamiento a 18°C el proceso se llevó a cabo por 2 horas (Avendaño et al, 2014)

2.5. Diseño experimental.

El diseño experimental se elaboró para la extracción soxhlet utilizando el software design expert® (versión 10.0.6.0, Stat-Ease Inc, Minneapolis, MN) siguiendo un modelo central compuesto con un α de 2, los factores en el diseño experimental fueron A: Fracción muestra – solvente, B: porcentaje de etanol y C: tiempo, y la variable respuesta que se buscó optimizar como máximo fue la cantidad de β -caroteno, en $\mu\text{g} / 100\text{g}$ muestra de acuerdo a los parámetros mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores de diseño experimental

Factores	Nivel usado	
	Bajo	Alto
Fracción muestra - solvente	40	50
Porcentaje etanol	80	90
Tiempo (min)	90	150

Fuente: Propia.

2.6. Metodología para la determinación de β -carotenos

Se siguió el protocolo descrito por Nagata y Yamashita (1992) el cual describe que al obtener las muestras de β -carotenos se leen las absorbancia de la muestra a las longitudes de onda 453, 505, 645 y 663 nanómetros en un espectrofotómetro (Thermo, Inglaterra), luego se hace uso de la ecuación descrita por los autores, la cual se muestra a continuación.

$$\beta - \text{Caroteno} \left(\frac{mg}{100mL} \right) = 0.216A_{663} - 1.22A_{645} - 0.304A_{505} + 0.452A_{453} \quad (1)$$

Donde A es absorbancia y el subíndice indica la longitud de onda a la que pertenece dicha lectura. Así conociendo la cantidad de mililitros de la muestra y la masa de muestra de corteza se conoce la cantidad de β -carotenos presentes, conociendo en cada caso la cantidad extraída se procede a seleccionar aquel método que aporte mayor rendimiento de extracción igual que sus respectivas condiciones que aporten mayor rendimiento.

2.7. Determinación de color

El color se determinó por espectrofotometría de acuerdo a Muzzio, 2014. Los valores de

L (luminosidad), a (rojo-verde) y b (azul-amarillo) se determinaron usando las fórmulas propuestas por Lewis (1995).

Se tomó 0.00084g de tartrazina sólida obtenida de ChemiAndes, Bogotá, Colombia y se diluyó en 2 mililitros de etanol al 85%, obteniéndose una solución etanólica de 0.042% P/V en tartrazina, y junto con muestras de los carotenoides

extraídos se leyó la absorbancia por espectrofotometría (espectrofotómetro, Thermo, Inglaterra) a las longitudes de onda de 445, 495, 550 y 625 nanómetros para determinación de índices de color mediante las ecuaciones citadas a continuación de acuerdo a Muzzio (2014)

$$X = 0.42\tau(625) + 0.35\tau(550) + 0.21\tau(445) \quad (2)$$

$$Y = 0.20\tau(625) + 0.63\tau(550) + 0.17\tau(495) \quad (3)$$

$$Z = 0.24\tau(495) + 0.94\tau(445) \quad (4)$$

Seguidamente, se calculó x e y , de acuerdo a las siguientes ecuaciones (Muzzio 2014).

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad (5) \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad (6)$$

Se calculó la luminosidad (L), tonalidad rojo-verde (a) y tonalidad amarillo-azul (b) de acuerdo a las siguientes ecuaciones, de acuerdo a Lewis (1995).

$$L = 10,0\sqrt{y} \quad (7) \quad a = \frac{17,0(1,02x-y)}{\sqrt{y}} \quad (8) \quad y \quad b = \frac{7,0(y-0,847Z)}{\sqrt{y}} \quad (9)$$

Finalmente se hallan los parámetros de color a comparar en las muestras con las siguientes ecuaciones.

$$^{\circ}\text{Hue} = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) * \left(\frac{180}{\pi}\right) \quad (10) \quad C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (11) \quad y \quad IC = \frac{(a1000)}{Lb} \quad (12)$$

Donde $^{\circ}\text{Hue}$ es el ángulo Hue, representa el tono de la muestra, C es el croma, representa la cromaticidad o saturación del color, IC es el índice de color.

2.8. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados a partir de la varianza utilizando herramientas como ANOVA, con un nivel de confianza $P < 0,05$; Con los valores promedios ($n=3$) \pm SD. Este análisis se realizó con el paquete estadístico Statgraphic Plus versión 5.1.

La metodología se puede resumir en el siguiente gráfico:

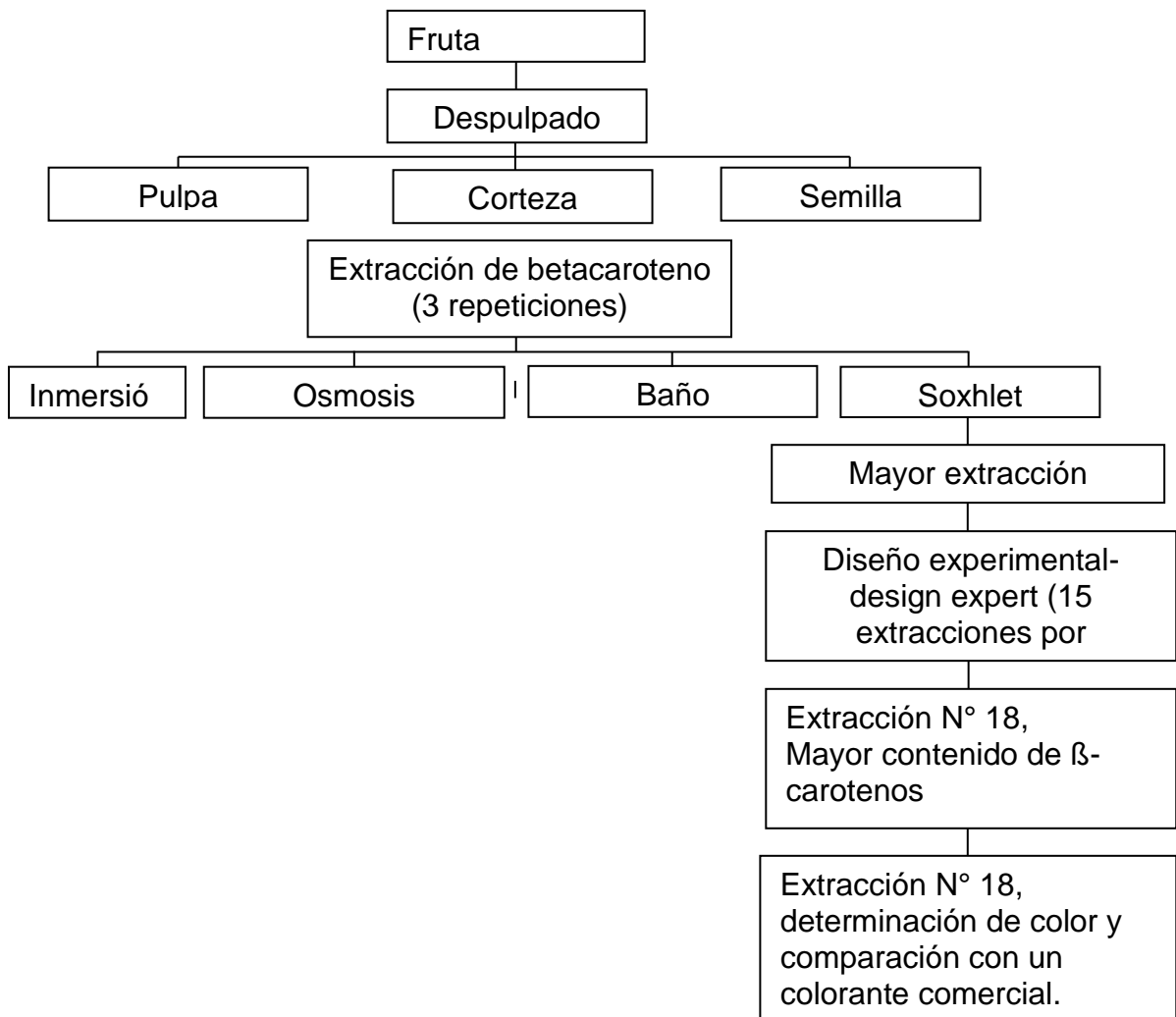


Gráfico 1. Resumen de la metodología propuesta

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización inicial

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en la caracterización inicial de la pulpa y los subproductos del maracuyá.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos.

Parámetro físico-químico	Pulpa	Semillas	Corteza
Porcentaje en peso (%)	42.39±0.05	5.33±0.04	52.28±0.03
Humedad (%)	84.47±0.03	28.05±0.04	85.96±0.07
pH	2.70±0.02	2.88±0.01	4.15±0.01
Acidez total (% ácido cítrico)	3.57±0.05	-	-
Sólidos solubles (°Brix)	13.60±0.02	5.40±0.01	1.13±0.01

Promedio n=3, ±ES

Del maracuyá se obtuvo un 36.8% de pulpa y 5.33% de semilla, inferior a lo reportado por Kulkarni y Vijayanand (2010), con 42.39% de pulpa y 13% de semilla.

En cuanto a contenido de corteza se obtuvo un 52.28% y un porcentaje de desechos del fruto 57.61%, siendo el contenido de corteza superior al 50% y el de subproductos inferior al 63% reportados por Kulkarni y Vijayanand (2010).

La cantidad de subproductos que se generan en el procesamiento del maracuyá (57.61%), es superior a otras frutas como melón con un 47% (Aguayo et al, 2004), sandía 31,27% (Tarazona-Díaz et al, 2011) y manzana con un 10,91% (Ayala-Zavala et al., 2010).

Las humedades en pulpa y semillas obtenidas de 84.47% y 85.96% respectivamente se encuentran por debajo a lo reportado por Rodríguez-Amaya (2012) de 85.62% para pulpa y 87.64% para corteza. Mientras que en las semillas se registró un 28.05% resultando mayor a lo descrito por Rodríguez-Amaya (2012) de 10.8%.

El pH obtenido de 2.70 es inferior al 3.2 registrado por Santos et al (2017), mientras que experimentalmente para la corteza el pH fue de 4.15, inferior a lo reportado por Oliveira et al (2015) de 5.0

Se obtuvo 13.60°Brix, resultado inferior a lo descrito por Santos et al (2017) de 11°Brix y finalmente la acidez obtenida del 3.57% en ácido cítrico para el maracuyá, es menor que lo reportado por Barbosa et al (2017) del 4.82%.

Un factor que participa en la diferencia másica del maracuyá es el proceso de senescencia del alimento, ya que en este proceso se acelera su respiración y en la

respiración del fruto hay pérdidas de reservas alimenticias almacenadas, traducido en pérdidas de materia seca en el fruto (Kader, 2002).

Los porcentajes de humedad pueden variar dependiendo del entorno que rodee al fruto, la humedad relativa, temperatura, presión e incluso parámetros morfológicos del alimento como relación superficie-volumen influyen en el proceso de transpiración del fruto en el cual es característica la pérdida de humedad. (Kader, 2002).

Mientras que los parámetros de pH, acidez y sólidos solubles varían dependiendo del estado de maduración del fruto, mientras más maduro presenta menor acidez y mayores pH y contenido de sólidos solubles (azúcares). (Torres et al, 2013).

3.2. Tratamiento de muestras (liofilización, molido y tamizado).

En el proceso de liofilización se removió 80.2% de humedad, se partió de corteza de 84.76% humedad, hasta 4.56% humedad. Después de la deshidratación y del proceso de molienda se procedió a la caracterización del tamaño de partícula por medio de los tamices 40 ($D_o=425\mu\text{m}$), 45 ($D_o=355\mu\text{m}$), 60 ($D_o=250\mu\text{m}$), 80 ($D_o=180\mu\text{m}$), 100 ($D_o=150\mu\text{m}$) y 120 ($D_o=125\mu\text{m}$) de la serie ASTM, del análisis granulométrico se registró un tamaño medio de partícula de $237\mu\text{m}$ (diámetro medio superficie-volumen). En la figura 1 se muestra el análisis acumulativo resultante del proceso de tamizado.

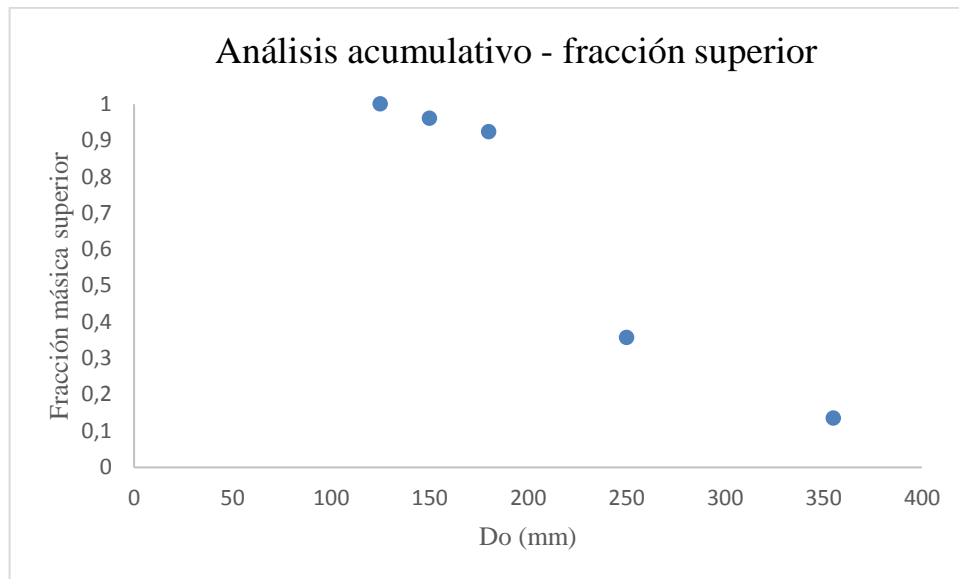


Figura 1. Gráfica de análisis acumulativo

Se puede observar la mayor acumulación de partículas en el rango de 180 μ m a 250 μ m, evidenciada por la mayor diferencia de partículas acumuladas entre estos rangos. La Figura 2 muestra los resultados de diámetro medio de partícula hallado por el análisis granulométrico.

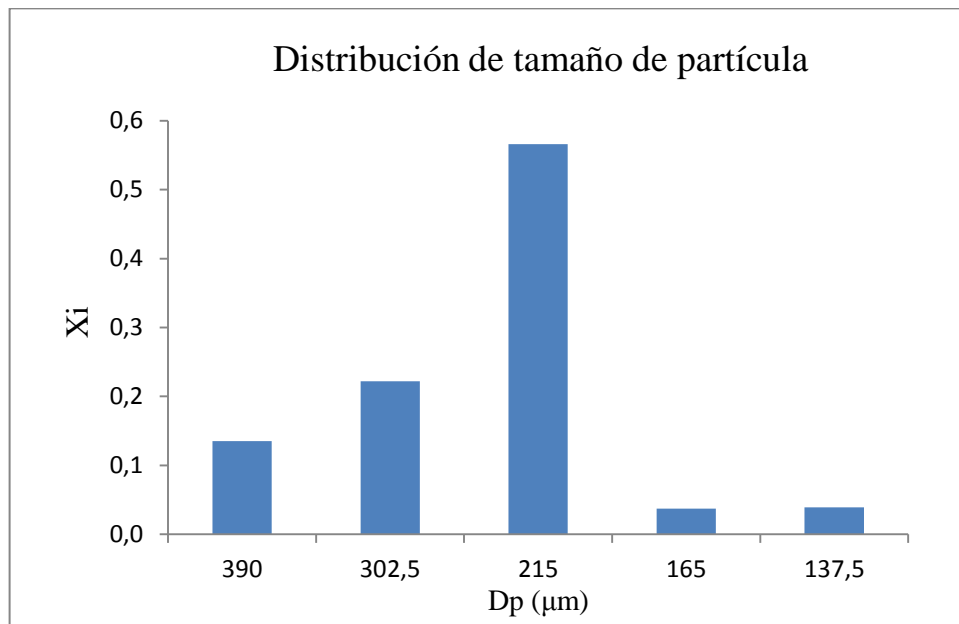


Figura 2. Gráfica de distribución de partícula en tamizado

Se observan las fracciones másicas de corteza molida de acuerdo al promedio de luz de los tamices, demostrando que la mayor cantidad de partículas retenidas estaban por los 215µm, Se observa que en el tamizado predominó la masa de intermedios superando las fracciones másicas de gruesos y finos.

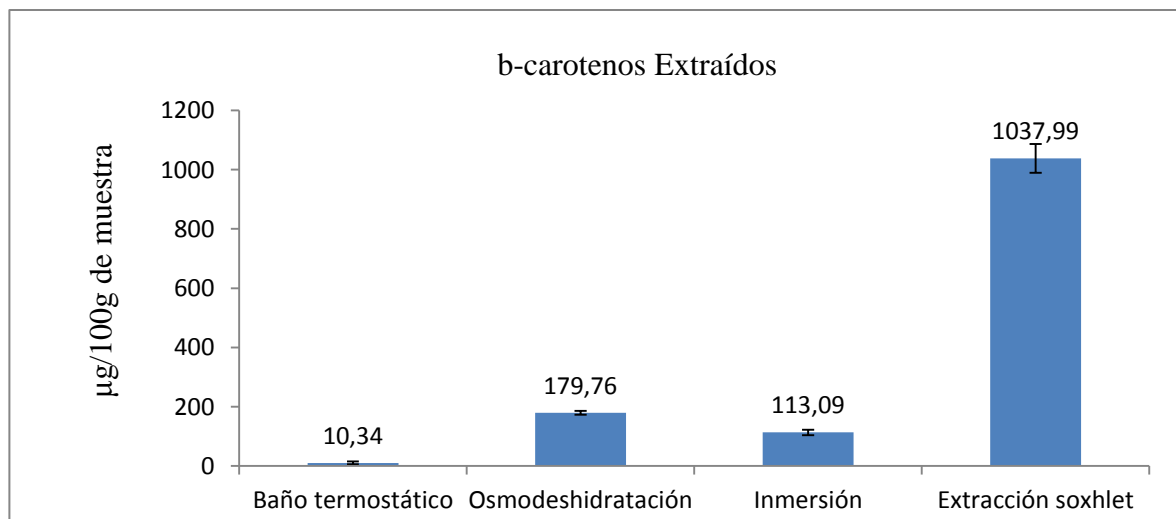
Aunque entre menor tamaño de partícula mayor transferencia de masa debido a mayor área de contacto entre el solvente y la muestra según la ley de fick, expresada en la ecuación 13, se tomó la parte de gruesos también ya que su tonalidad fue más intensa en coloración amarilla que la de intermedios y finos, sin embargo es posible que una mayor difusión de colorantes se presente si el tamaño de grano disminuye. (Çengel y Ghajar, 2011)

$$\dot{m}_{dif} = -D_{AB} \frac{dC_A}{dx} \quad (13)$$

Donde \dot{m}_{dif} es la razón de difusión de masa por unidad de área, x la magnitud en una dirección, C_A la concentración de la especie A y D_{AB} el coeficiente de difusión entre las especies A y B. (Çengel y Ghajar, 2011)

3.3. Métodos de extracción

La cantidad de carotenoides extraídos por cada método, se muestra en la Figura 3. Se observó que la cantidad de β-carotenos extraídos por la extracción soxhlet es mayor que lo obtenido por las otras tres extracciones.



Promedio n=3

Figura 3. Carotenoides extraídos en cada método.

La media de 1037.99 β -carotenos/100g de muestra obtenidos por extracción soxhlet permite su selección como método a evaluar a diferentes condiciones, descartando baño termostático, Osmosis e inmersión.

El contenido de β -carotenos registrado experimentalmente (1037.99 β -carotenos/100g muestra) es superior al de 77 μ g/100g muestra registrado en el fruto por Pertuzatti et al (2015), al igual que lo reportado por De Oliveira et al (2014) de 287 μ g/100g muestra, mientras que según lo reportado por Kehili et al (2017), el resultado experimental es superior al de la corteza de tomate con 89.7 μ g/100g muestra, a diferencia de los 12780 μ g/100g muestra reportados por De Andrade et al (2018) para la corteza de la zanahoria y lo registrado por Schweiggert et al (2016) para las cortezas de manzanas anacardos roja (1387 μ g/100g muestra), amarilla (1196 μ g/100g muestra) y anaranjada (2238 μ g/100g muestra) ,casos en donde es inferior el contenido del colorante.

3.4. Diseño experimental

En la tabla 3 se muestra el diseño experimental donde, A: fracción muestra-solvente en la cual la muestra siempre estaba en 1 y el solvente en los valores registrados, B: porcentaje de etanol en solvente y C el tiempo en minutos. En la última columna se encuentra la respuesta que son betacarotenos en 100 gramos de muestra de corteza.

Tabla 3. Resultados de betacarotenos extraídos por ensayo.

Tratamiento	B: % Etanol	A: Fracción solvente/muestra	C: Minutos	μ g β -carotenos/100g muestra
T1	85	45	120	1430.44
T2	82.5	42.5	105	1345.79
T3	87.5	42.5	105	1258.03
T4	82.5	47.5	105	1543.91
T5	87.5	47.5	105	1711.89

T6	85	45	90	1409.10
T7	85	45	150	1579.49
T8	82.5	42.5	135	1297.39
T9	87.5	42.5	135	1437.58
T10	82.5	47.5	135	1641.69
T11	87.5	47.5	135	1717.66
T12	80	45	120	1441.53
T13	85	50	120	1903.51
T14	85	40	120	1321.20
T15	90	45	120	1744.13

El análisis de la varianza (ANOVA, $p < 0.05$), presentó un R^2 ajustado de 0.90 implica un ajuste lineal que aunque no describe de la manera más adecuada el comportamiento de la respuesta frente a los diferentes tratamientos, si hay cierto grado de relación lineal entre los factores y la respuesta. Por otra parte el coeficiente de variación indica un 4.13% de dispersión, respaldando uniformidad de datos y descartando desfase de respuestas de extracción.

El test de Fisher empleó un nivel de significación de 0.05 y una diferencia significativa mínima de 104.68501 y descartó diferencias significativas entre los tratamientos T3, T8, T14 y T2, entre T14, T2 y T6, entre T2, T6, T1, T9 y T12, entre T12 y T4, entre T4, T7 y T10, entre T10, T11, T5 y T15 y finalmente aislando a T13 como tratamiento significativamente diferente a todos, al obtenerse 1903.51 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de corteza.

Finalmente se obtuvo una correlación que aborda los 3 factores con los carotenoides extraídos, dicha expresión es la que se observa en la ecuación 14.

$$\frac{\mu\text{g de carotenoides}}{100\text{g de muestra}} = -3459.90235 + \alpha_1 * \%etanol + \alpha_2 * \text{Fracción muestra} - \text{solvente} + \alpha_3 * \text{tiempo} \quad (14)$$

Donde $\alpha_1 = 22.68371$, $\alpha_2 = 61.16907$ y $\alpha_3 = 2.37377$.

En los datos estadísticos por factores individuales que aportó el análisis de varianza, ANOVA realizado, se encontró que en el caso de la concentración de etanol no hubo diferencias significativas entre etanol al 80% y 82.5% el siguiente conjunto de concentraciones sin presentar diferencias significativas son del 85% y 87.5%.

Por parte de la fracción muestra-solvente no se encuentran diferencias significativas entre los tratamientos con fracción 1:40 y 1:42.5, mientras que los tratamientos a fracciones de 1:45, 1:47.5 y 1:50 son significativamente diferentes cada uno y en su respectivo orden van de menor a mayor cantidad de colorante extraído, siendo el tratamiento con fracción de 1:50 el mayor registro de extracción (1903.51 μg de carotenoides/100g de muestra).

El último factor analizado desde el análisis de varianza, ANOVA es el tiempo, el cual se divide en 2 grupo de acuerdo a diferencias significativas, el primer grupo comprende los tiempos de 1.50 y 1.75 horas, el segundo grupo es el de los tiempos de 2, 2.25 y 2.5 horas, siendo éste último el de mayor extracción (1579.49 μg de carotenoides/100g de muestra).

3.5. Determinación de color

En la tabla 4 se encuentran los valores de color encontrados para el extracto de β -carotenos y la tartrazina, en donde L corresponde a luminosidad, a la tonalidad entre rojo y verde, b la tonalidad entre azul y amarillo, IC el índice de color, C el croma y °Hue el ángulo Hue.

Tabla 4. Análisis colorimétrico

parámetro	Extracción	Tartrazina
L	10,24 \pm 0.04	13,17 \pm 0.11
a	0,28 \pm 0.01	1,19 \pm 0.09
b	7,13 \pm 0.02	9,20 \pm 0.07
IC	3,87 \pm 0.10	9,80 \pm 0.58
C	7,14 \pm 0.02	9,28 \pm 0.08
°Hue	87,73 \pm 0.06	82,64 \pm 0.49
n=3 \pm ES		

Lo registrado anteriormente permite observar que los betacarotenos extraídos poseen menos luminosidad que la tartrazina comercial en la solución al 0.042% empleada, sin embargo los resultados pueden considerarse similares entre sí, de acuerdo al valor *a*, que oscila en rango de -100 a 100 y determina que entre más positivo y alto sea el valor, más rojiza es la muestra y entre más negativo y alto tiende más a verde, la tartrazina tiene mayor tendencia a presentar tonalidad rojiza que el extracto de betacarotenos.

En cuanto al valor de *b* está en un rango de -100 a 100, en donde entre más negativo sea el valor indica mayor tendencia a color azul, mientras entre más positivo y mayor el valor indica mayor coloración amarilla, por lo tanto se tiene que la tartrazina más amarilla que el extracto de carotenoides obtenido, sin embargo por concentración se puede lograr mayor tonalidad en el caso del extracto.

El índice de color se encuentra en un rango de -40 a 40 y se divide en rangos internos de los cuales de 2 a 20 describe colores que van del amarillo pálido al naranja intenso, de la tabla 4 se puede observar que ambos colorantes se encuentran en éste rango, indicando color amarillo en ambos, pero debido a que la tartrazina (9.8) posee un mayor índice que el extracto (3.87) se afirma que el sintético posee un color más anaranjado que el extracto.

El croma determina la pureza del color en la muestra y se encuentra visualmente asociado al ángulo Hue, ambos se describen en la figura 4, en donde se puede observar que a medida que el ángulo se acerca a un valor de 90, tiende a ser amarillo puro, con un mayor croma;

De acuerdo a esto al comparar el colorante sintético con el obtenido se encontró que la tartrazina posee mayor pureza, saturación o croma, que el extracto, pero que el extracto tiende a ser más amarillo excluyendo más la tonalidad rojiza que la tartrazina según sus ángulos Hue de 87,73 (extracto) y 82,64 (tartrazina).

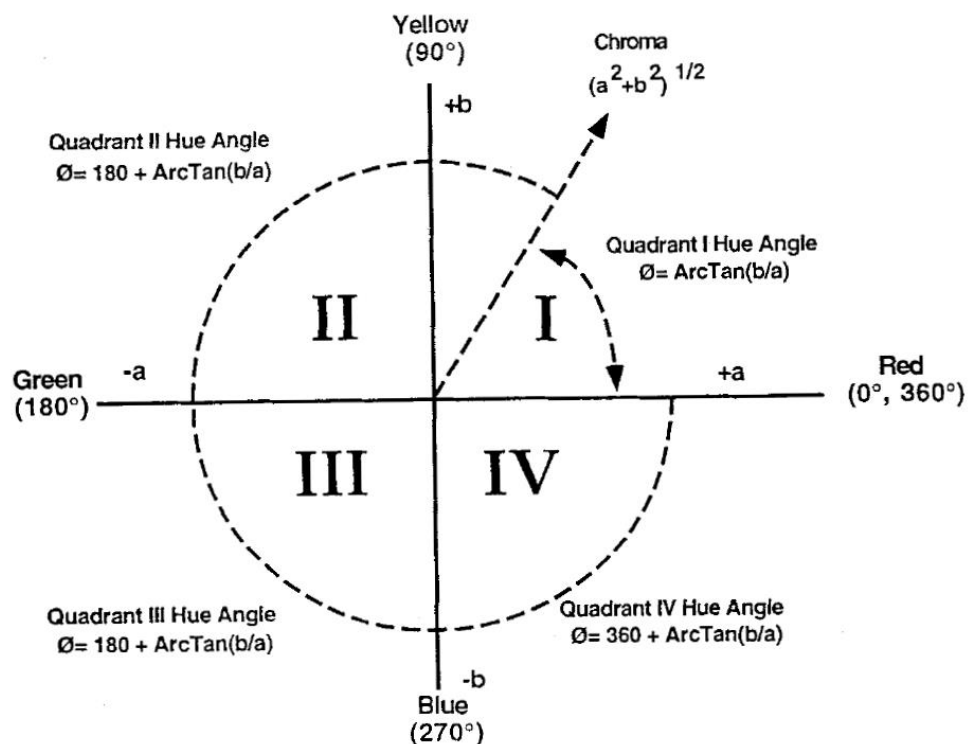


Figura 4. Ángulos Hue. (McLellan et al, 1994)

Según la norma técnica colombiana (NTC 409, 1978), el extracto obtenido podría llegar a reemplazar los colorantes sintéticos presentados en la tabla 5.

Tabla 5. Colorantes sintéticos permitidos por la NTC 409.

MCE	Nombre comercial	Índice de color
E-102	Tartrazina	19140
E-104	Amarillo de quinoleína	47005
E-110	Amarillo No. 6	15985

Al reincidir en el consumo de productos con Tartrazina, se afecta el comportamiento de los niños, presentando irritabilidad, hiperactividad y trastorno del sueño (Rowe y Rowe, 1994). Estudios recientes mostraron una gran cantidad de colorante en algunos alimentos específicos presentando rangos de concentración de 0.2-52.3 mg / 240 ml en bebidas, 0.3-3.3 mg en caramelos, 9.4-41.3 mg en cereales para el desayuno, 1.9-6 mg en helado y 2.8-14.4mg en

aperitivos todos por ración (Stevens et al, 2015). En un estudio reciente sobre productos que usualmente consumen los niños en tiendas comestibles se observó que el 20.5 % de estos alimentos contienen Tartrazina (Batada & Jacobson, 2016).

En la actualidad el reconocimiento de los colorantes naturales como fuente de antioxidantes y beneficios potenciales para la salud es una realidad, ya que compuestos como carotenoides, poli fenoles y antocianinas se caracterizan por evitar ciertos tipos de cáncer y enfermedades cardíacas. (Roa and Rao, 2007). Mientras el colorante sintético posee una estructura diferente a la de los naturales, excluyendo además los compuestos beneficiosos anteriormente mencionados, sin embargo éste último presentan una mayor estabilidad y fuerza de tinción. (Contento, 1997).

4. CONCLUSIONES

La extracción con mayor aporte de colorante fue la soxhlet con 1903.51 μ g de colorante por cada 100g de cáscara, esto se da a una concentración del 85% de etanol, con una fracción de 1:50 de muestra a solvente y un tiempo de 2 horas de extracción.

El análisis de color sugiere la posibilidad de reemplazar el amarillo sintético en la industria, desde que no tienda a naranja como es característico de la tartrazina empleando β -carotenos resultantes de la extracción realizada en el trabajo investigativo.

Es posible el uso de corteza de maracuyá para su valorización aprovechando su contenido de colorantes naturales mediante una extracción sólido-líquido, en específico una destilación como lo es la extracción soxhlet.

El subproducto del maracuyá presenta mayor cantidad de β -caroteno (1037.99 μg de carotenoides/100g muestra) que otros subproductos como la corteza de tomate (89.7 $\mu\text{g}/100\text{g}$ muestra), sin embargo presenta menos cantidad que otros como la corteza de zanahoria (12780 $\mu\text{g}/100\text{g}$ muestra).

BIBLIOGRAFÍA

Aguayo, E., Escalona, V.H., Artés, F., 2004. Metabolic behaviour and quality changes of whole and fresh processed melon. *Journal of Food Science* 69, 148–155.

AOAC. (2000). *Official methods of analysis* (17th ed.). Washington DC, USA: Association of Official Analytical Chemists.

Avendaño Prieto, G. & Acevedo Buitrago, B. (2014). Microencapsulación de colorantes naturales presentes en la fresa (*Fragaria vesca*). *AVANCES investigación en ingeniería*. 11(1), 76-82.

Ayala-Zavala, J.F., Rosas-Domínguez, C., Vega-Vega, V., González-Aguilar, G.A., 2010. Antioxidant enrichment and antimicrobial protection of fresh-cut fruits using their own byproducts: Looking for integral exploitation. *Journal of Food Science* 75, 175–181.

Barbosa de Oliveira, A., de Almeida Lopes, M. M., Herbster Moura, C. F., de Siqueira Oliveira, L., Oliveira de Souza, K., Gomes Filho, E., Urban, L. & Alcântara de Miranda, M. R. (2017). Effects of organic vs. conventional farming systems on quality and antioxidant metabolism of passion fruit during maturation. *Scientia Horticulturae*. 222, 84-89.

Batada, A., & Jacobson, M. F. (2016). Prevalence of artificial food colors in grocery store products marketed to children. *Clinical Pediatrics* (Phila).

- Beltrán, B., Estévez, R., Cuadrado, C., Jiménez, S. & Begoña Olmedilla, A. (2012). Base de datos de carotenoides para valoración de la ingesta dietética de carotenos, xantofilas y de vitamina A; utilización en un estudio comparativo del estado nutricional en vitamina A de adultos jóvenes. *Nutrición hospitalaria*. 27 (4), 1334-1343.
- Bonat Celli, G., & Su-Ling Brooks, M. (2016). Impact of extraction and processing conditions on betalains and comparison of properties with anthocyanins — A current review. *Food Research International*. 100, 501-509.
- Çengel, Y. A. & Ghajar, A. J. (2011). Transferencia de masa. En: Çengel, Y. A. & Ghajar, A. J. (Ed.), Transferencia de calor y masa. Curta edición. Edit.: McGraw-Hill. Chapter 14, 773-790.
- Coelho, E. M., Gomes, R. G., Machado, B. A. S., Oliveira, R. S., Lima, M. d. S., de Azêvedo, L. C., & Guez, M. A. U. (2017). Passion fruit peel flour – technological properties and application in food products. *Food Hydrocolloids*, 62, 158-164.
- Contento Salcedo, A. M. (1997). Tipos de colorantes. Contento Salsedo, A. M. (ED), Nuevos métodos fotométricos y cromatográficos para determinación de colorantes rojos en alimentos.:Ediciones de la Universidad de Castilla la Mancha. Capítulo 2. 11-41.
- DANE. (2012). Pasifloráceas en Colombia. Boletín mensual INSUMOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA. 75, 1-3. doi:http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_actores_de_produccion_noviembre_2012.pdf.

- DANE. (2011). Resultados encuesta nacional agropecuaria. ENA. 181, 112. En: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/doc_anexos_ena_2011.pdf.
- De Andrade Lima, M., Chamrampopoulos, D. & Chatzifragkou, A. (2018). Optimisation and modelling of supercritical CO₂ extraction process of carotenoids from carrot peles. *The journal of supercritical fluids*. 133, 94-102.
- De Oliveira, R. C., de Barros, S. T. D., & Gimenes, M. L. (2013). The extraction of passion fruit oil with green solvents. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 458-463.
- De Oliveira, G. A., De Castilhos, F., Claire Renard, C. M.-G. & Bureau, S. (2014). Comparison of NIR and MIR spectroscopic methods for determination of individual sugars, organic acids and carotenoids in passion fruit. *Food research international*. 60, 154-162.
- De Oliveira Freitas, C., Giordani, D., Gurak, P. D., Cladera-Oliveira, F. & Ferreira Marczak, L. D. (2015). Extraction of pectin from passion fruit peel using moderate electric field and conventional heating extraction methods. *Innovate food science and Emerging technologies*. 29, 201-208.
- Do Espírito Santo, A. P., Perego, P., Converti, A., & Oliveira, M. N. (2012). Influence of milk type and addition of passion fruit peel powder on fermentation kinetics, texture profile and bacterial viability in probiotic yoghurts. *LWT - Food Science and Technology*, 47(2), 393-399.
- EFSA. (2009). Scientific Opinion on the re-evaluation Tartrazine (E 102). *EFSA Journal*. 7(11):1331. doi:<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2009.1331/pdf>

- FAO. (2014). Fichas técnicas Productos frescos de frutas. 46, 78. doi:<http://www.fao.org/3/a-au173s.pdf>
- Faridah, A., Holinesti, R., & Syukri, D. (2015). Betalains from red pitaya peel (*Hylocereus polyrhizus*): Extraction, spectrophotometric and HPLC-DAD identification, bioactivity and toxicity screening. *Pakistan Journal of Nutrition*, 14, 976–982.
- Granado F., Olmedilla B, Blanco I, Rojas Hidalgo E. Carotenoid composition in raw and cooked Spanish vegetables. *J Agric Food Chem* 1992; 40: 2135-2140.
- Holden J, Eldrige A, Beecher G, Buzzard I, Bhagwat S, Davis C. Carotenoid Content of U.S. Foods: An Update of the Database. *J Food Comp Anal* 1999; 12: 169-196.
- Kader, A.A. (2002). Factores de Seguridad y Calidad: Definición y Evaluación para Productos Hortofrutícolas Frescos. En: Kader, A.A (Ed.), *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. Tercera edición. Edit.: Series de Horticultura Postcosecha No. 22. Chapter 23, 315-322.
- Kehili, M., Kammlott, M., Choura, S., Zammel, A., Zetzi, C., Smirnova, I., Allouche, N. & Sayadi, S. Supercritical CO₂ extraction and antioxidant activity of lycopene and β -carotene-enriched oloresin from tomato (*Lycopersicon esculentum L*) peels by-product of a Tunisian industry. *Food and bioproducts processing*. 102, 340-349.
- Koubaa, M., Barba, F. J., Grimi, N., Mhemdi, H., Koubaa, W., Boussetta, N. & Vorobiev, E. (2016). Recovery of colorants from red prickly pear peels and pulps enhanced by pulsed electric field and ultrasound. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 37, 336-344.

- Kulkarni, S.G. & Vijayanand, P.. (2010). Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. Flavicarpa L.*) *LWT-Food science and Technology*, 43, 1026-1031.
- Leão, K. M. M., Sampaio, K. L., Pagani, A. A. C., & Da Silva, M. A. A. P. (2014). Odor potency, aroma profile and volatiles composition of cold pressed oil from industrial passion fruit residues. *Industrial Crops and Products*, 58, 280-286.
- Lewis, M. (1995). Propiedades físicas de los alimentos y los sistemas de procesado. Editorial Acribia, Zaragoza.
- McLellan, M. R., Lind, L. R. & Kime, R. W. (1994). Hue angle determinations and statistical analysis for multiquadrant hunter L,a,b data. *Journal of food quality*. 18, 235-240.
- Mello, F. R., Bernardo, C., Dias, C. O., Gonzaga, L., Amante, E. R., Fett, R., & Candido, L. M. B. (2015). Antioxidant properties, quantification and stability of betalains from pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. *Ciência Rural*, 45, 323–328.
- Menéndez, W. 2008. Obtención de Colorante para Su Uso en Yogurt a Partir de la Flor De Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y del Mortiño (*Vaccinium myrtillus L.*)".(en línea).Guayaquil, Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Consultado el 25 de nov.2009.Disponible en:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/950/1/1802.pdf>
- Mojica, L., Berhow, M., & Gonzales de Mejia, E. (2017). Black bean anthocyanin-rich extracts as food colorants: Physicochemical stability and antidiabetes potential. *Food chemistry*, 229, 628-639.

- Nagata, M. & Yamashita, I. (1992). Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *J. Japan. Soc. Food Sci. Technol.* 39(10), 925-928.
- Nascimento, T. A., Calado, V., & Carvalho, C. W. P. (2012). Development and characterization of flexible film based on starch and passion fruit mesocarp flour with nanoparticles. *Food Research International*, 49(1), 588-595.
- NTC 409. (1978). Colorantes aditivos para alimentos. Bogotá, Colombia. doi:http://files.aditalimentarios.webnode.es/200000042-ea1dcec11e/NTC409_colorantes%20aditivos%20para%20alimentos.pdf
- O'Neill M, Carroll Y, Corridan B, Olmedilla B, Granado F, Blanco I. A European carotenoid database to assess carotenoid intakes and its use in a five-country comparative study. *Br J Nutr* 2001; 85: 499-507.
- Olmedilla B, Granado, F y Rojas-Hidalgo, E. Quantitation of provitamin and non provitamin A carotenoids in fruits most frequently consumed in Spain. En: *Food and Cancer Prevention: Chemical and Biological Aspects*, 1993; K Waldrom, IT Johnson y Fenwic GK. págs. 141-145.
- Parra Ortega, V. P. (2004). Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Pertuzatti, P. B., Sganzerla, M., Jacques, A. C., Barcia, M. T., & Zambiasi, R. C. (2015). Carotenoids, tocopherols and ascorbic acid content in yellow passion fruit (*passiflora edulis*) grown under different cultivation systems. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 259-263.

- Restrepo Gallego, M., Acosta Otálvaro, E. V., Ocampo Peláez, J. C. & Morales Monsalve, C. (2006). Sustitución de tartrazina por betacaroteno en la elaboración de bebidas no alcohólicas. 3(2). 7-12.
- Restrepo Gallego, M. (2007). Sustitución de colorantes en alimentos. *La sallista investig.* 4(1), 1794-4449.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (2012). Passion fruit. In M. Siddiq, S. Ahmed, M. G. Lobo, & F. Ozadali (Eds.), *Tropical and subtropical fruits: Postharvest physiology, processing and packaging* (pp. 325e329). NY: Wiley-Blackwell.
- Roa, A.V., Rao, L.G., 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacological Research* 55, 207–216.
- Rowe, K. S., & Rowe, K. J. (1994). Synthetic food coloring and behavior: A doseresponse effect in a double-blind, placebo-controlled, repeated-measures study. *The Journal of Pediatrics*, 125(5, Part 1), 691–698.
- Santos, E., Andrade, R. & Gouveia, E. (2017). Utilization of the pectin and pulp of the passion fruit from Caatinga as probiotic food carriers. *Food Bioscience*. 20. 56-61.
- Schweiggert, R. M., Vargas, E., Conrad, J., Gras, C. C., Ziegler, J. U., Mayer, A., Jiménez, V., Esquivel, P. & Carle, R. (2016). Carotenoids, carotenoid esters, and anthocyanins of yellow-, orange-, and red-peeled cashew apples (*Anacardium occidentale L.*). *Food chemistry*. 200, 274-282.
- Stevens, L. J., Burgess, J. R., Stochelski, M. A., & Kuczek, T. (2015). Amounts of artificial food dyes and added sugars in foods and sweets commonly consumed by children. *Clinical Pediatrics (Phila)*, 54(4), 309–321.

- Tarazona-Díaz, M., Viegas, J., Moldao-Martins, M., Aguayo, E., 2011. Bio-active compounds from flesh and by-product of Spanish fresh-cut watermelons cultivars. *Journal of Science of Food and Agriculture* 91, 805–812.
- Torregiani, D. & Bertolo, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. *Journal of Food Engineering* 2001, 49, 247-253.
- Torres, R, Montes, E. J., Pérez, O. A. & Andrade, R. D. (2013). Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Fisicoquímicas de Frutas Tropicales. *Información tecnológica*. 24(3), 51-56.
- U.S. Department of Agriculture, U. (2016). National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, USDA Nutrient Data Laboratory, 9040.
- Viganó, J., Aguiar, A. C., Moraes, D. R., Jara, J. L. P., Eberlin, M. N., Cazarin, C. B. B., Maróstica Junior, M. R. & Martínez, J. (2016). Sequential high pressure extractions applied to recover piceatannol and scirpusin B from passion fruit bagasse. *Food Research International*, 85, 51-58.
- Yepes, S. M., Montoya Naranjo, L. J. & Orozco Sánchez, F. (2008). VALORIZACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES – FRUTAS –EN MEDELLÍN Y EL SUR DEL VALLE DEL ABURRÁ, COLOMBIA. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 61(1), 4422-4431.