



Evaluación del extracto obtenido de la cáscara de papaya y su posible uso como colorante alimentario

Lesly Jhanela Cruz Romo¹

Stephanie Geraldine Rosero Achicanoy²

Cítese como: Cruz-Romo, L. J. y Rosero-Achicanoy, S. G. (2022). Evaluación del extracto obtenido de la cáscara de papaya y su posible uso como colorante alimentario. En L. E. Vera-Hernández (Ed.), *Sostenibilidad de procesos desde la economía circular en el contexto de la pospandemia covid-19* (pp. 26-44). Editorial UNIMAR. <https://doi.org/10.31948/editorialunimar.163.c4>

Resumen

La cáscara de papaya es un residuo orgánico que se genera durante todo el año en grandes cantidades, causando efectos negativos sobre el medioambiente. Por otra parte, la industria alimentaria emplea colorantes sintéticos que pueden ser perjudiciales para la salud de las personas, por ejemplo, el colorante número 5 (tartrazina). Por lo tanto, la presente investigación propone una solución para ambas problemáticas, la obtención de un colorante natural con propiedades nutraceuticas a partir de este residuo, que pueda ser usado como aditivo en la industria alimentaria. La obtención del colorante se realizó mediante la extracción asistida por ultrasonido, en donde se usó etanol en concentraciones de 60, 75 y 90 % y a temperaturas de 20 y 40 °C; seguidamente, se realizó la cuantificación de polifenoles mediante el método de UV-vis. Finalmente, se concluyó que la mejor extracción fue por ultrasonido durante 60 minutos, a una concentración de solvente de 60% y temperatura de 20 °C, con una cantidad de polifenoles de $1268,35 \pm 21,01$, expresados en mg de ácido gálico por cada 100 gramos de muestra; asimismo, se observó que el extracto obtenido puede ser una buena alternativa a un colorante sintético.

Palabras clave: cascara de papaya, colorante natural, colorante sintético, polifenoles.

1. Introducción

Dentro de la industria alimenticia, el uso de colorantes es de gran importancia, ya que estos causan la primera impresión del consumidor hacia el producto; sin embargo, el uso de colorantes sintéticos ha presentado bastantes controversias en los últimos años, incluso, en algunos países, su uso se ha prohibido debido a que un consumo elevado de estos trae consecuencias en la salud de las personas a largo plazo (Valle y Florentino, 2000).

¹Programa de Ingeniería de Procesos, Facultad de Ingeniería, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Colombia. Correo electrónico: leslucruz@umariana.edu.co

²Programa de Ingeniería de Procesos, Facultad de Ingeniería, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Colombia. Correo electrónico: strosero@umariana.edu.co



Es por ello que, en la actualidad, existe una tendencia a buscar productos que sean amigables con el medioambiente y que no afecten la salud de las personas; por tal motivo, se busca reemplazar el uso de colorantes artificiales por colorantes de origen natural (Sánchez, 2013).

Un ejemplo de colorantes sintéticos es la tartrazina. Se sabe que este colorante puede producir efectos tóxicos en personas que son alérgicas a la aspirina o que sufren de migraña e insomnio, además, intensifica los síntomas del asma y otras alergias. Por lo anteriormente mencionado, en algunos países europeos se ha pedido, a las personas, la eliminación voluntaria de la tartrazina junto con otros cinco colorantes químicos, debido al vínculo reportado con la hiperactividad en los niños y algunas enfermedades en las personas (McCann et al., 2007).

Teniendo en cuenta lo anterior, uno de los colorantes sintéticos que se busca reemplazar es el colorante número 5 (tartrazina), el cual es usado en la elaboración de dulces, bebidas, snacks empacados, sopas instantáneas, yogur, mermeladas, entre otros; debido a que varios expertos aseguran que el uso excesivo de este colorante puede ocasionar hiperactividad en los niños y, además, puede ser cancerígeno (Valle y Florentino, 2000).

Por otra parte, la papaya es un fruto que se produce a lo largo de todo el año, lo cual indica que se encuentra en una constante generación de residuos de tipo orgánico.

La contaminación producida por [este] tipo de residuos sólidos (...) tiene gran efecto negativo en la comunidad circundante. Aparte de generar un mal aspecto causado por la acumulación de residuos en las vías públicas, se tiene el deficiente sistema en los rellenos sanitarios lo cual crea una proliferación de plagas, enfermedades, malos olores y problemas de salud. (González, 2017, p. 4)

Por lo anterior, en el presente trabajo de investigación se quiere dar a conocer el estudio de la obtención de un colorante de origen natural con propiedades nutraceuticas a partir de la cascara de papaya, con el fin de reemplazar el colorante N.º 5 y que pueda ser usado en la fabricación de distintos productos alimenticios. El proceso de obtención se realizó mediante ultrasonido en escala laboratorio, donde se utilizó como solvente etanol en tres concentraciones diferentes 60 % 75 % y 90 %, seguidamente se realizó mediciones del contenido de polifenoles presentes en el extracto. Al finalizar esta investigación, se determinará si la cascara de papaya puede ser aceptada como materia prima para la elaboración de colorantes naturales, que presente en su composición compuestos bioactivos (polifenoles), además, que no afecte la salud de las personas.

2. Desarrollo de la investigación

2.1 Planteamiento del problema

Colombia produce alrededor de 125.000 toneladas de papaya por año, de las cuales, aproximadamente 8.000 toneladas son producidas por el departamento de Nariño en las variedades maradol y hawaiana (Agronet, 2018).



Como se mencionó anteriormente, la papaya es una fruta que genera residuos orgánicos a lo largo de todo el año, como la cáscara y las semillas. Según López-Martínez (2020), representan el 12 % y 8,5 %, respectivamente del peso total del fruto; comúnmente estos residuos son desechados en recipientes de basura orgánica, generando factores como malos olores y presencia de insectos, pero también, en algunos casos, son usados como abono orgánico para plantas, de tipo domésticas o huertas pequeñas.

Estos residuos poseen algunos componentes que los hacen atractivos para varios sectores, por ejemplo, el industrial alimentario y el químico, los cuales, hoy en día, presentan una dificultad específica causada por la búsqueda de alternativas de origen natural para la sustitución de los colorantes sintéticos, debido a que este tipo de colorantes resultan perjudiciales a largo plazo para la salud de los consumidores, como es el caso del colorante amarillo N.º 5, también llamado tartrazina, que es uno de los colorantes artificiales más utilizados en la industria alimenticia, utilizado para pigmentar alimentos dentro de la gama de colores anaranjados y amarillos (Arroyave et al., 2008). Este colorante es usado principalmente en la fabricación de productos de pastelería, repostería, confitería, botanas y bebidas de frutas; la dosis de uso requerida para la pigmentación del producto es del 0,01 % del total del alimento, dependiendo de la intensidad de color a la que se desea llegar (Chaparro et al., 2010).

Por otra parte, se identificó que la pulpa y cáscara de papaya contienen compuestos bioactivos tales como polifenoles y carotenoides, estos últimos son los encargados de brindarle al fruto la característica del color de tipo naranja o amarillo. Estas propiedades pueden ser aprovechadas en la elaboración de un colorante natural a partir de la cascara de papaya, como alternativa del colorante sintético número 5 y así lograr diversificar y dar a conocer nuevas fuentes de obtención de colorantes naturales, minimizando las problemáticas identificadas en el sector productivo de la industria alimentaria.

2.2 Metodología

2.2.1 Recolección de materia prima

Fue obtenida por medio de un proveedor de fruta que labora en la plaza de mercado potrerrillo del municipio de Pasto. La recolección se la realizó semanalmente, adquiriendo 4 guacales de papaya maradol (cada guacal contiene aproximadamente 30 papayas de tamaño medio). Igualmente, se verificó que su textura sea firme y libre de áreas blandas al tacto, que no muestre magulladuras, manchas, cicatrices, agujeros y que se encuentren en un estado de madurez comercial lista para el consumo.

2.2.2 Acondicionamiento de las cáscaras de papaya

2.2.2.1 Lavado del fruto. El lavado de las papayas se realizó con agua, para eliminar las impurezas y suciedad presente en la materia prima, con el fin de que las cáscaras se encuentren en óptimas condiciones y así continuar con el proceso.



2.2.2.2 Pelado y despulpado. El pelado de las papayas se realizó con un pelador de cuchilla, con el fin de obtener la cáscara con la menor cantidad de pulpa, sin embargo, fue necesario retirar toda la pulpa que queda adherida a la cáscara por medio de un cuchillo y un bisturí.

2.2.3 Caracterización fisicoquímica de las cáscaras de papaya

Para la caracterización se llevó a cabo una prueba de color y medición de grados Brix, que servirán para la determinación de estado de madurez del fruto.

2.2.3.1 Determinación de color. La evaluación del color se llevó a cabo mediante un colorímetro digital marca Lutron de modelo RGB-1002. La medición de color se realizó por triplicado en diferentes cascara de papaya (López y Di Sarli, 2016). Los datos de las coordenadas de color R, G y B, dadas por el colorímetro, fueron convertidos a coordenadas de la escala CIELab*, para dicha conversión se utilizó el software EasyRGB 2010, el cual, además de convertir las coordenadas de color de una escala a otra, indica el rango de color en el que se encuentra la muestra, por medio de la lectura y análisis de las coordenadas obtenidas por el colorímetro.

2.2.3.2 Grados Brix. Para la medición de grados Brix, se hizo uso de un refractómetro de mano digital OPTI de escala 0 a 90 grados, se tomó una muestra de la cáscara a temperatura ambiente y se la ubicó sobre el prisma del refractómetro; seguidamente, se realizó la lectura de los grados brix en cada una de las muestras (Giraldo et al., 2017).

2.2.4 Secado de las cascara de papaya

Se realizó una deshidratación de la cáscara de papaya usando un secador de bandejas (FIQ LTDA) ubicado en la planta pilote de la sede Alvernia de la Universidad Mariana, a una temperatura de 30 ± 5 °C, con corriente de aire, manteniéndose constante hasta el final del secado. Las muestras de cáscara se dejaron durante 24 horas teniendo un porcentaje de humedad del $20 \% \pm 2$, como lo recomienda Tapia et al. (2018). El porcentaje de humedad se midió todos los días por medio de la ecuación 1, con el fin de asegurar que todas las cáscaras presenten un porcentaje igual de humedad.

$$\% \text{ Humedad} = (\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / (\text{Peso inicial}) * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

2.2.5 Molienda

Se realizó mediante un molino industrial marca victoria VH750-C, teniendo un tamaño de partícula uniforme de $425 \mu\text{m}$, tal como se realizó en el estudio de Tarazona et al. (2020). Una vez se finalizó el proceso, las muestras se guardaron en bolsas de cierre hermético y se almacenaron en un desecador para aislarlas de la humedad del ambiente.

2.2.6 Extracción del colorante a partir de la cáscara de papaya

2.2.6.1 Extracción asistida por ultrasonido. Se usó el ultrasonido BRASON 3800 ubicado en los laboratorios de química de la universidad Mariana. Como solvente se utilizó etanol en concentraciones de 60 %, 75 % y 90 % y se tuvo en cuenta una



relación g de cáscara sobre mL de solvente de 1:40. Asimismo, una variación de temperatura de 20 y 40 °C en un tiempo de extracción de 3 horas. Para esta etapa del proceso, se usa matraces Erlenmeyer, los cuales deben cubrirse con papel aluminio y se sumergirá en el baño ultrasónico a una frecuencia de 40KHz -154 W (Marcante et al., 2020).

2.2.6.2 Diseño experimental extracción por ultrasonido. Se realizó un diseño factorial teniendo como factores al solvente y la temperatura, con tres niveles que indican las concentraciones del solvente (60 %, 75 % y 90 %) y la variación de temperatura de 20, 40 °C. Se considera como variable de respuesta la concentración de compuestos bioactivos.

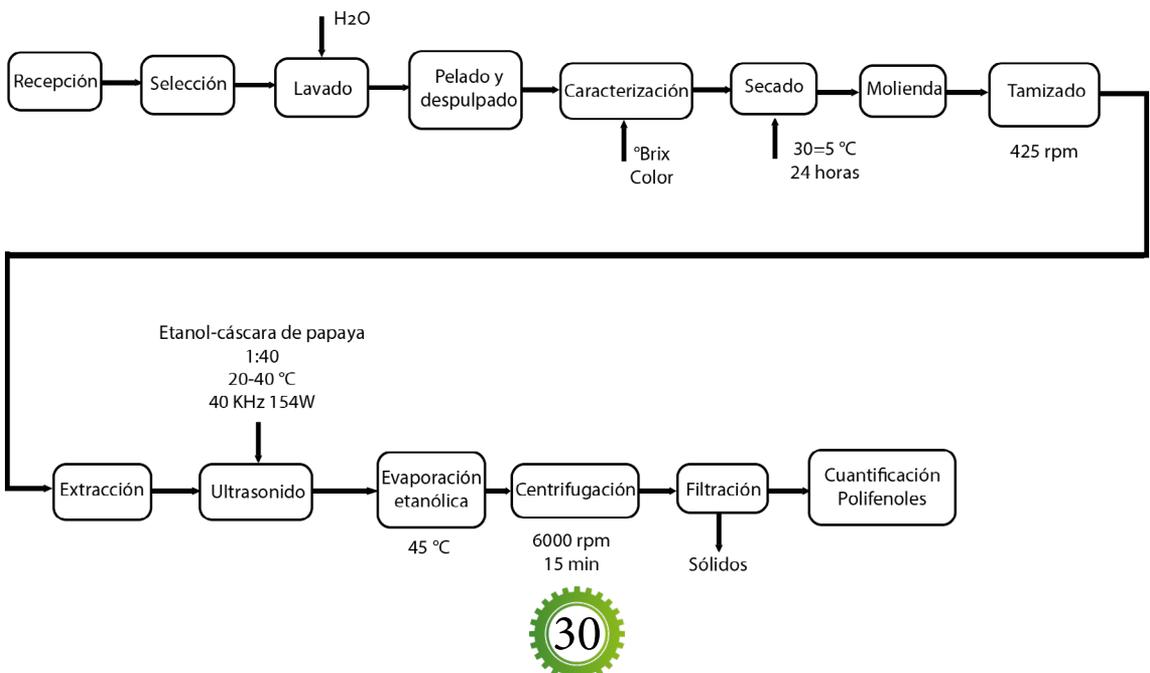
Seguidamente se hizo un análisis de varianza ANOVA mediante el software SPSS con el que se determinó la existencia de diferencias estadísticas significativas con una probabilidad de error menor al 5 % dichas diferencias fueron realizadas mediante la prueba de rango de TUKEY.

2.2.7 Cuantificación de polifenoles

Se realizó por medio del método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, usando como material de referencia el ácido gálico. Para ello, se mezcló el reactivo de Folin diluido con las diluciones apropiadas de la muestra y la absorbancia se midió a una longitud de onda de 760 nm. Para la concentración de fenoles se tuvo en cuenta la expresión mg de ácido gálico/100 g de la muestra. Previamente a la medición de polifenoles, se realizó la curva patrón de ácido gálico, para ello, se emplea un patrón de ácido gálico y se diluye con etanol puro a una concentración inicial de 1000 mg/L (solución madre). Posteriormente, 50 mL de la solución madre se prepara con 50 mg de ácido gálico sólido, y se realiza las siguientes diluciones: 25, 50, 100, 200, 400, 500 y 800 mg/L (Galvan et al., 2013; Kosar et al., 2005).

Figura 1

Diagrama de bloques metodología del trabajo de investigación





2.3 Resultados y discusión

2.3.1 Recolección de materia prima

Se adquirieron alrededor de 600 papayas tipo maradol, de entre 10 y 20 cm de largo y de aproximadamente 1 kg de peso cada una. Se realizó también una selección de materia prima al momento de la adquisición, con el fin de que las papayas obtenidas tengan la cáscara con una mínima cantidad de imperfecciones (manchas, golpeados, etc.) y estén con el color más amarillo posible. Dicha recolección se realizó en la plaza de mercado El Potrerillo, ubicada en la ciudad de Pasto.

2.3.2 Lavado de las papayas

Las papayas fueron debidamente lavadas con agua y se retiró las impurezas y suciedad. Este procedimiento se puede apreciar en la Figura 2.

Figura 2

Papaya maradol



2.3.3 Pelado y despulpado

Las papayas se pelaron muy finamente, tratando de retirar la mayor cantidad de pulpa que está adherida a las cáscaras; después, se realizó el proceso de despulpado, con el fin de dejar las cáscaras libres de pulpa. Como resultado de este proceso se tuvo un total de 11,520 kg de cáscara fresca libre de pulpa, teniendo un rendimiento del 15 % en comparación al peso inicial de la cáscara (sin ser retirada la pulpa), lo anterior puede apreciarse en la Figura 3.



Figura 3

Diagrama del proceso de pelado y despulpado



2.3.4 Caracterización fisicoquímica de la cáscara de papaya

2.3.4.1 Determinación de color. La Tabla 2 muestra los resultados de las mediciones de color a las cascara de papaya en escala CIELab (L^* , a^* y b^*), con el respectivo cálculo de las desviaciones, obteniendo como resultado que estas desviaciones son superiores a uno. Por lo tanto, se determinó que esto se debe a que el color de cada una de las papayas es diferente, incluso una sola papaya puede presentar diferentes colores en la parte superior e inferior. Igualmente, las cascara de papaya son delicadas y tienden a oxidarse rápidamente y puede causar una influencia en el resultado de color esperado.

Ahora bien, para el análisis de los datos, se tomó en cuenta lo descrito por Hurtado y Mendoza (2015), quienes evaluaron la luminosidad (L^*), tonalidad (h^*) y saturación (C), haciendo uso de las siguientes ecuaciones.

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Ec. (2)}$$

$$h^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

C = saturación.

h^* = ángulo de tinta ($^\circ$).

a^* = coordenada colorimétrica del eje verde al rojo.

b^* = coordenada colorimétrica del eje azul al amarillo.

Para el caso de estudio, se determinó el promedio de los valores a^* y b^* , seguidamente, se aplicó las ecuaciones (2) y (3), de las cuales se obtuvo una saturación de 80,42, indicando que se trata de un color luminoso. Asimismo, para el ángulo de tinta, se obtuvo como resultado 1,40, lo que representa que el color de las cascara de



papaya se encuentran entre las tonalidades de amarillo, esto se pudo confirmar de acuerdo con Rodríguez et al. (2014), quienes evaluaron el color de papayas maradol y determinaron que presenta un ángulo de tinta de 1,49, indicando tonalidades claras de color amarillo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se determinó que al presentarse este color en las cascara se indica la presencia de carotenos y betacaroteno; sin embargo, los resultados de otros autores, como Santamaría et al. (2009), son diferentes debido a que se reportan valores de L (57-58), a* (mayores a 23) y b*(46), concluyendo así que las papayas presentan tonalidades más anaranjadas en comparación a las que se utilizaron en esta investigación. Asimismo, se estableció que, a pesar de no presentar datos similares a los otros investigadores, las cascara de papaya se encontraban en el estado de madurez indicado para realizar la debida extracción de colorante.

Tabla 1

Medición de color en la cáscara de papaya

Muestra	L*	a*	b*	Tonalidad
Promedio	96,09 ± 4,49	13,94 ± 15,78	79,20 ± 6,79	

2.3.4.2 Determinación de sólidos solubles totales. Se tomó tres muestras por cada guacal de papayas, y se identificó que el contenido de sólidos solubles totales (SST) se encuentra en un rango de 10-13 Brix. De acuerdo con Santamaría et al. (2009), cuando las cáscaras se encuentran en este rango significa que las papayas han alcanzado su estado de madurez óptimo, lo cual permitirá obtener la mayor cantidad de compuestos bioactivos.

Figura 4

Medición de grados brix de las papayas



2.3.4.3 Secado de las cáscaras de papaya. El proceso de secado de las cáscaras de papaya se realizó durante 24 horas, a una temperatura de 30 ± 5 °C; se realizó una curva de secado, con el fin de determinar la humedad y tiempo óptimo de secado de las cáscaras de papaya. Para ello, se tomó en cuenta el peso de la cáscara ingresada y el tiempo, luego, y con los datos obtenidos, se realizó el cálculo de la humedad libre y la velocidad de secado.

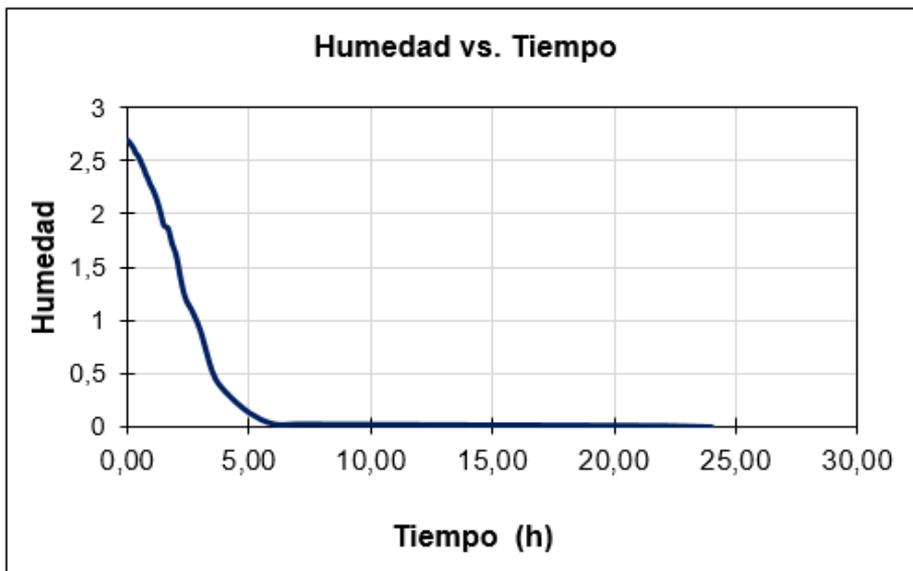


Mediante los datos obtenidos, se realizó las gráficas de humedad (kg agua/kg sólido) vs. tiempo (h) (ver Figura 5) y velocidad de secado (kg agua/h*m²) vs. humedad (kg agua/kg sólido) (ver Figura 6), las cuales describen el comportamiento de las cáscaras de papaya. En cuanto a la Figura 5, se puede determinar que las cáscaras de papaya presentaron un comportamiento adecuado, debido a que la humedad que pierde, el sólido después de un tiempo y con el contacto de la corriente de aire presente en el equipo, permitió obtener un producto con un porcentaje de humedad (20 %), adecuado para el proceso.

Con respecto a la Figura 6, se pudo identificar tres periodos ocurrentes durante el secado: el periodo inicial, el secado constante y la caída del secado. El primer periodo ocurre entre los puntos de humedad libre de 2,69 hasta 2,24 (kg agua/kg sólido), asimismo, se evidencia que la velocidad se mantuvo constante desde una humedad libre de 1,186 hasta 2,15 (kg agua/kg sólido), a una velocidad de 0,158 (kg agua/hm²), a partir de este valor la velocidad comenzó a decaer hasta llegar a que la humedad se anule, denominándose como periodo 3, así se dio por terminado el proceso de secado.

Figura 5

Humedad vs. tiempo

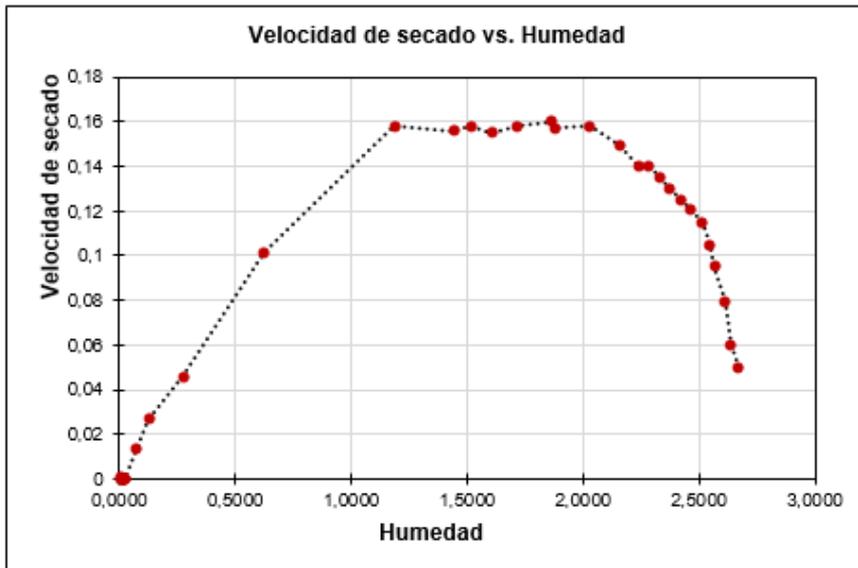


Parte de lo dicho anteriormente con respecto a la Figura 5, se puede constatar en lo afirmado por Pilco (2018), quien evaluó el comportamiento de la cascara de camu-camu (*Myrciaria dubia* HBK) en el secado a 35 °C; el autor identificó que la pérdida constante de humedad se daba entre las primeras 5 horas (300 min); después de este tiempo, la humedad de la cascara se mantuvo constante hasta finalizar el secado, dando valores analizados con un R² entre 95 y 98 %.



Figura 6

Velocidad de secado vs. Humedad



Por otra parte, Udomkun et al. (2015), en su investigación, identificó que, al representar la humedad del sólido frente al tiempo en el secado, operando en condiciones de secado y circulando el aire sobre el objeto a secar, se obtienen curvas gracias al comportamiento, similar a lo observado en la Figura 6, en la que, al principio, la humedad del sólido disminuye linealmente con el tiempo de secado, es decir, que durante este periodo la velocidad permanece constante. El secado transcurre a esta velocidad constante hasta que la humedad del sólido alcanza un valor crítico, a partir del cual la velocidad de secado empieza a disminuir, llegando ésta a ser nula cuando la humedad del sólido alcanza el valor de equilibrio, es decir, cuando la humedad libre es cero.

2.3.4.4 Molienda y tamizado. El material seco se dispuso en un molino victoria VH750-C, que permitió la reducción de tamaño industrial para que los procesos de extracción sean más eficientes (ver Figura 7). Una vez terminado el proceso de molienda, se procedió a la caracterización del tamaño de partícula por medio de dos tamices número de malla 10 y 40, con un tamaño de abertura de 2 mm y 425 μm respectivamente (ver Figura 8). El porcentaje de retención fue de 30 % y de 45 % para cada uno de los tamices nombrados anteriormente. Este proceso se realizó con el fin de que el producto en polvo sea homogéneo, con un tamaño de partícula de 425 μm . La muestra pulverizada fue empacada en bolsas herméticas y llevada a un desecador para evitar la entrada de humedad.



Figura 7

Molienda de la cascara de papaya



Figura 8

Tamices utilizados para la investigación





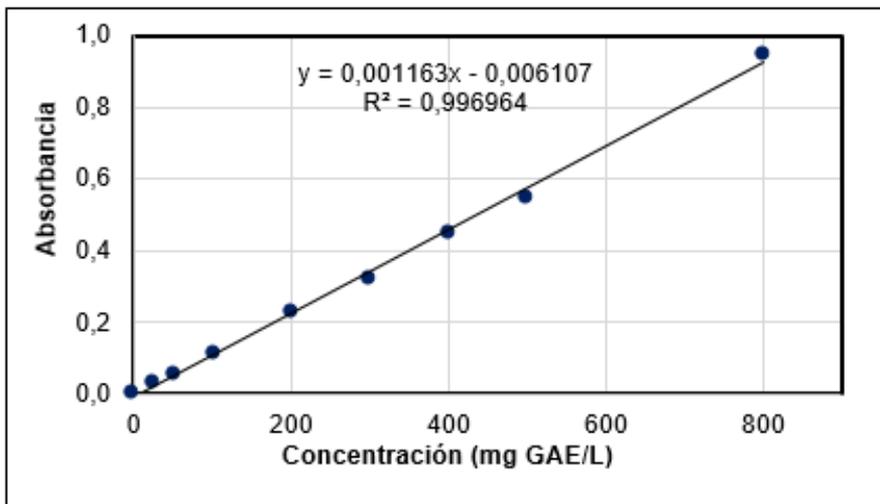
2.3.4.5 Extracción del colorante a partir de la cáscara de papaya.

2.3.4.5.1 Extracción asistida por ultrasonido. El montaje para la extracción se realizó con el solvente a las diferentes concentraciones (60 %,75 % y 90 %), en un tiempo de 3 horas a temperatura de 20 y 40 °C, seguidamente se tomó muestras en intervalos de tiempo de 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120 y 180 min y se centrifugaron a 6.000 rpm por 15 minutos. El sobrenadante se depositó en frascos ámbar, con el fin de impedir la entrada de luz.

2.3.4.6 Cuantificación de polifenoles totales. Los polifenoles totales determinados espectrofotométricamente se cuantificaron por regresión lineal, usando una curva de ácido gálico (ver Figura 9), en un rango de 25-800 mg/L como estándar.

Figura 9

Curva de calibración de ácido gálico para la determinación de polifenoles totales



2.3.4.6.1 Concentración de polifenoles mediante el método de ultrasonido. En las Tablas 2 y 3 se puede observar los resultados del diseño experimental de dos factores y la aplicación de la prueba Tukey con un nivel de significancia del 5 %, donde se evaluó la cantidad de polifenoles en diferentes periodos de tiempo, cambios de temperaturas y con las distintas concentraciones de solvente.

Teniendo como resultado que, a una temperatura de 20 °C los tiempos de extracción adecuados son de 60, 90 y 180 minutos para concentración de solvente de 60, 75 y 90 % respectivamente, en estos tiempos no se observa diferencias significativas y se logra la mayor extracción de polifenoles totales. Asimismo, a una temperatura de 40 °C los tiempos de extracción fueron de 120, 120 y 180 minutos para concentración de solvente de 60, 75 y 90 %. Cabe resaltar que la toma de muestras se realizó por triplicado.



Tabla 2

Concentración de polifenoles en el tiempo a temperatura de 20 °C

Tiempo (min)	Temperatura de 20 °C		
	60 %	75 %	90 %
	mg GAE/100g	mg GAE/100g	mg GAE/100g
5	912,95± 17,65 ^a	457,81 ± 15,76 ^a	616,02 ± 29,39 ^a
10	901,49 ± 40,55 ^a	574,74 ± 22,55 ^b	762,76 ± 22,38 ^b
15	974,86 ± 31,96 ^a	651,56 ± 27,80 ^{bc}	828,11 ± 36,78 ^c
20	980,59 ± 22,55 ^{ab}	681,37 ± 27,30 ^{cd}	912,95 ± 31,21 ^d
30	1065,43 ± 39,86 ^{bc}	832,70 ± 15,76 ^{de}	977,15 ± 15,76 ^e
45	1115,87 ± 22,38 ^c	1083,77 ± 29,98 ^{cde}	1056,26 ± 43,10 ^f
60	1268,35 ± 21,01 ^d	1091,80 ± 45,80 ^e	1160,59 ± 34,62 ^f
90	1288,99 ± 22,90 ^d	1149,12 ± 36,24 ^f	1192,69 ± 28,64 ^g
120	1293,58± 36,24 ^d	1263,77 ± 58,50 ^f	1186,95 ± 5,96 ^g
180	1345,17± 27,52 ^d	1279,82± 20,92 ^f	1204,15 ± 37,20 ^h

Nota: la tabla muestra los resultados del diseño experimental junto con la desviación. Los valores con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($p < 0,5$).

Tabla 3

Concentración de polifenoles en el tiempo a temperatura de 40 °C

Tiempo (min)	Temperatura de 40 °C		
	60 %	75 %	90 %
	mg GAE/100g	mg GAE/100g	mg GAE/100g
5	571,31±14,99 ^a	457,81±15,76 ^a	165,46±3,44 ^a
10	585,06±24,80 ^a	574,74±22,55 ^b	170,04±5,25 ^a
15	673,34±19,56 ^b	651,56±27,80 ^{bc}	250,30±5,25 ^b
20	702,00±5,96 ^b	681,37±27,30 ^c	249,15±11,06 ^b
30	828,11±5,25 ^c	832,70±15,76 ^d	358,06±10,32 ^c
45	904,93±29,39 ^c	1083,77±29,98 ^e	516,28±21,48 ^d
60	1041,35±26,27 ^d	1091,80±45,80 ^e	672,19±20,73 ^e
90	1252,30±60,26 ^e	1149,12±36,24 ^e	855,63±23,41 ^f



120	1344,02±8,66 ^f	1263,77±58,50 ^f	927,85±36,45 ^s
180	1416,25±46,19 ^f	1279,82±20,92 ^f	1035,62±17,20 ^h

Nota: la tabla muestra los resultados del diseño experimental junto con la desviación. Los valores con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($p < 0,5$).

2.3.4.7 Extracción mediante maceración. La maceración se llevó a cabo en un periodo de 5 días y el estudio de los datos se realizó mediante un análisis estadístico, haciendo uso del software SPSS; se realizó un análisis de varianza ANOVA y una prueba Tukey con un nivel de significancia del 5 %, con el fin de determinar la relación que existe entre cada una de las muestras e identificar las mejores condiciones de extracción.

En las Tablas 5 y 6 se puede observar la cantidad de polifenoles obtenidos en las diferentes temperaturas y concentraciones utilizadas de solvente, donde se obtuvo como resultado que, a una temperatura de 20 °C los tiempos de extracción adecuados son de 96, 96 y 72 horas para concentración de solvente de 60, 75 y 90 % respectivamente, en estos tiempos no se observó diferencias significativas y se logra la mayor extracción de polifenoles totales. Asimismo, a una temperatura de 40 °C los tiempos de extracción fueron de 48, 72 y 72 horas para concentración de solvente de 60, 75 y 90 %. Cabe resaltar que la toma de muestras se realizó por triplicado.

Tabla 4

Concentración de polifenoles en el tiempo a temperatura de 20 °C

Tiempo (horas)	Temperatura 20 °C		
	60 %	75 %	90 %
	mg GAE/100g	mg GAE/100g	mg GAE/100g
2	1130,78±7,16 ^{a,b}	442,90±22,11 ^a	585,06±25,97 ^a
4	1056,26±15,76 ^a	460,10±16,25 ^a	612,58±12,40 ^a
6	1174,34±15,51 ^b	399,34±17,20 ^a	917,54±40,16 ^b
8	1182,37±33,93 ^b	471,56±10,32 ^a	1021,86±19,15 ^c
48	1364,66±20,15 ^d	845,31±42,03 ^b	1134,22±39,86 ^d
72	1497,65±24,16 ^e	932,44±27,30 ^b	1214,47±32,81 ^{de}
96	1268,35±46,70 ^{cd}	1067,72±17,31 ^c	1141,10±29,65 ^d
120	1305,04±16,97 ^c	1216,76±8,66 ^c	1263,77±29,25 ^e

Nota: la tabla muestra los resultados del diseño experimental junto con la desviación. Los valores con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($p < 0,5$)



Tabla 5

Concentración de polifenoles en el tiempo a temperatura de 20 °C

Tiempo (horas)	Temperatura 40 °C		
	60 %	75 %	90 %
	mg GAE/100g	mg GAE/100g	mg GAE/100g
2	575,89±25,81 ^a	431,44±13,02 ^a	340,87±14,99 ^a
4	763,91±14,99 ^b	508,25±10,32 ^b	478,44±18,20 ^b
6	948,49±31,21 ^c	629,77±10,32 ^c	591,94±28,15 ^c
8	696,27±15,89 ^b	1032,18±49,96 ^d	681,37±22,55 ^c
48	1217,91±56,83 ^d	1031,04±13,90 ^d	841,87±13,02 ^d
72	1244,28±32,51 ^d	1109,00±13,90 ^e	946,20±56,31 ^{de}
96	1183,52±30,57 ^d	1088,36±15,51 ^{de}	938,17±19,56 ^d
120	1214,47±37,20 ^d	1073,45±39,66 ^{de}	1078,04±25,81 ^e

Nota: la tabla muestra los resultados del diseño experimental junto con la desviación. Los valores con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($p < 0,5$).

2.3.5 Determinación del mejor método de extracción

En la Figura 10 se identifica que, en el método de ultrasonido, la mayor cantidad de polifenoles se logra con una temperatura de 40 °C, una concentración de solvente de 60 % y un tiempo de extracción de dos horas con un valor de 1344,02 mg GAE/100 g de muestra.

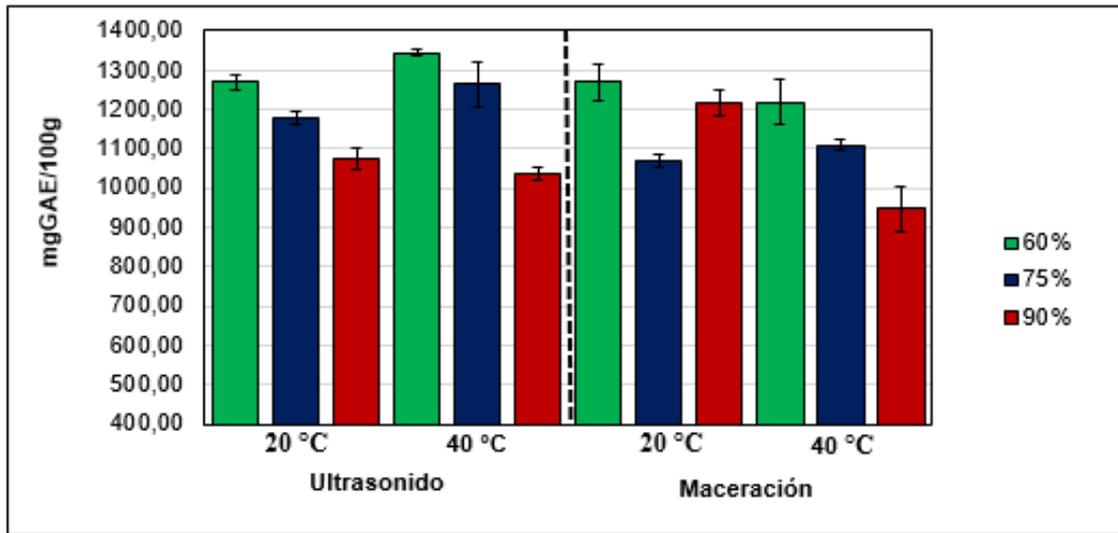
Por su parte, en el método de maceración, las condiciones que mejor se ajustan son las siguientes: temperatura de 20 °C, concentración de solvente 60 % y tiempo de extracción 96 horas, con una cantidad de 1268,35 02 mg GAE/100 g de muestra. De esta manera, se determinó que el método que permite realizar una mejor extracción es el ultrasonido. Lo anterior se pudo confrontar con lo mencionado por Quiroz-Reyes et al. (2013), quien realizó una comparación de los dos métodos para la cuantificación de polifenoles en el cacao, y determino que por medio del método de ultrasonido se logra obtener un mejor resultado, con valores de 25,34 mg GAE/g para ultrasonido y 17,85 mg GAE/g para maceración.

Ahora bien, en cuanto a la cantidad de polifenoles, se obtuvo valores mayores, en comparación con los resultados del estudio de Reyes-Munguia et al. (2016), donde los valores fueron 995 mg GAE/100 g de muestra en las cascara de papaya, o con los resultados del estudio de Raja et al. (2019), quienes reportaron valores de 378 mg GAE/100 g muestra en el epicarpio de papaya.



Figura 10

Contenido de polifenoles en diferentes condiciones



3. Conclusiones

El acondicionamiento de la materia prima es un proceso complejo debido a que las cáscaras son delicadas y tienden a oxidarse con rapidez, por ello, deben secarse en el menor tiempo posible. Igualmente, el despulpado es una etapa a destacar, debido a que si las cáscaras ingresan al secado con pulpa estas tienden a quemarse.

La caracterización fisicoquímica de las cáscaras indica que el color es el adecuado y que puede existir la presencia de los compuestos activos de interés; sin embargo, esta es una característica muy variable, ya que una sola papaya puede presentar distintas tonalidades. En cuanto a la cantidad de sólidos solubles totales, se concluye que las papayas se encontraban en el estado de madurez de consumo con valores de 11 °Brix.

Por otra parte, mediante la cuantificación de polifenoles, se logró determinar que el mejor método de extracción es el ultrasonido y se debe manejar condiciones de temperatura de 40 °C, un tiempo de dos horas y una concentración de solvente del 60 %.



Referencias

- Agronet, (2018). Área, producción y rendimiento nacional por cultivo. Agronet MinAgricultura. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1#>
- Arroyave, J., Garces, L., Arango, A. y Agudelo, C. (2008). La Tartrazina, un colorante de la industria agroalimentaria, degradado mediante procesos de oxidación avanzada. *Revista lasallista de investigación*, 5(1), 20-26. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69550105.pdf>
- Chaparro, M., Paredes, M., Díaz, B., Hoyos, V. y Ninco, A. (2010). Sustitución de colorante artificial por natural en conservas de cereza marrasquino. *Alimentos Hoy Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 19(20), 2-12. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/59/57>
- Galvan D' Alessandro, L., Vauchel, P., Przybulski, R., Chataigné, G., Nikov, I. y Dimitrov, K. (2013). Integrated process extraction-absorption for selective recovery of antioxidant phenolics from Aronia melanocarpa berries. *Separation and purification technology*, 120, 92-101. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.09.027>
- Giraldo, G., Cruz, C. y Sanabria, N. (2017). Propiedades físicas del jugo de uchuva (*Physalis peruviana*) clarificado en función de la concentración y la temperatura. *Información Tecnológica*, 28(1), 133-142. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100013>
- González, J. (2017). *Problemática ambiental en el sector de Abastos* [Tesis de especialización, Fundación Universitaria Los Libertadores]. Repositorio Institucional Los Libertadores. <https://repository.libertadores.edu.co/handle/11371/1343>
- Hurtado, M. y Mendoza, P. (2015). Análisis colorimétrico del extracto acuoso de las hojas de teca. *Revista Arvore*, 39(5), 953-961. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000500018>
- Kosar, M., Dorman, H., & Hiltunen, R. (2005). Effect of an acid treatment on the phytochemical and antioxidant characteristics of extracts from selected Lamiaceae species. *Food chemistry*, 91(3), 525-533. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.029>
- López, A. y Di Sarali, A. (2016). El modelo CIELAB, las fórmulas de diferencia de color y el uso de la norma europea en 12878 en morteros y hormigones coloreados. *Ciencia y Tecnología de los Materiales*, 6, 41-53. <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/5804>
- López-Martínez, L. (2020). Frutas tropicales y sus subproductos: fuentes de fibra dietaria en productos alimenticios: fibra dietaria de frutas tropicales y productos alimenticios. *Epistemos*, 14(29), 70-77. <https://doi.org/10.36790/epistemos.v14i29.149>



- Marcante, M., Saorin, B., Dal'Maso, F., Umpierrez, A., Xení, J., Casian, R., Mignoni, M., & Toniazzo, G. (2020). Conventional and ultrasound-assisted methods for extraction of bioactive compounds from red arac peel (*Psidium cattleianum* Sabine). *Arabian Journal of Chemistry*, 13(6), 5800-5809. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.04.017>
- McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., & Grimshaw, K. (2007). Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *The Lancet*, 370(9598), 1560-1567. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61306-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61306-3)
- Pilco, G. (2018). *Efecto de la temperatura y velocidad de aire en el contenido de ácido ascórbico de la harina obtenida a partir de la cáscara del fruto de camu camu (Myrciaria dubia HBK), Pucallpa-Ucayali* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3864>
- Quiroz-Reyes, C., Aguilar-Méndez, M., Ramírez-Ortiz, M. y Ronquillo-De Jesús, E. (2013). Comparative study of ultrasound and maceration techniques for the extraction of polyphenols from cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12(1), 11-18. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v12n1/v12n1a2.pdf>
- Raja, K., Taip, F., Zakuan, M. y Islam, M. (2019). Effect of pre-treatment and different drying methods on the physicochemical properties of *Carica papaya* L. leaf powder. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(2), 150-156. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.04.001>
- Reyes-Munguía, A., Alanís-Campos, L., Vásquez-Elorza, A. y Carrillo-Inungaray, M. (2016). Propiedades antioxidantes de extractos acuosos frescos y secos de cáscara de *C. papaya* L. *Revista de Ciencias de la Salud*, 3(6), 44-49.
- Rodríguez, J., Díaz, Y., Pérez, A., Cruz, Z. y Rodríguez, P. (2014). Evaluación de la calidad y el rendimiento en papaya silvestre (*Carica papaya*). *Cultivos Tropicales*, 35(3), 36-44. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n3/ctr04314.pdf>
- Sánchez, J. (2013). La química del color en los alimentos. *Química Viva*, 12(3), 234-246. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>
- Santamaría, F., Díaz, R., Sauri, E., Espadas, F., Santamaría, J. y Larque, A. (2009). Características de calidad de frutos de papaya maradol en la madurez de consumo. *Agricultura Técnica em México*, 35(3), 347-353. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v35n3/v35n3a12.pdf>
- Tapia, I., Muñoz, M. y Fukaloba, T. (2018). Efecto del sistema de deshidratación sobre el contenido de carotenoides extraídos de dos variedades del fruto de *carica papaya*. *infoAnalítica*, 7(1), 11-26. <https://doi.org/10.26807/ia.v7i1.94>



Udomkun, P., Argyropoulos, D., Nagle, M., Mahayothee, B., Janjai, S., & Muller, J. (2015). Single layer drying kinetics of papaya amidst vertical and horizontal airflow. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.022>

Valle, P. y Florentino, L. (2000). *Toxicología de alimentos*. Instituto de Salud Pública-Centro Nacional de Salud Ambiental.