

## Artículo de Investigación

# Evaluación del comportamiento del color del vino artesanal de curuba “Son del Alba”

## Evaluation of the behavior of the color of the curuba artisan wine "Son del Alba"

Juan Eduardo Soto Mora

<https://orcid.org/0000-0001-5079-7968>

Ingeniero Agrícola. Maestrando programa Ciência dos Alimentos –  
Universidad Federal de Lavras (UFLA) Brasil.

Email: [Juan.mora@estudiante.ufla.br](mailto:Juan.mora@estudiante.ufla.br)

Sebastian Charry Roa

<https://orcid.org/0000-0001-6471-3913>

Ingeniero Agrícola. Administrador Ceresfit

Email: [Sebastian.roa17@gmail.com](mailto:Sebastian.roa17@gmail.com)

Claudia Milena Amorcho Cruz

<https://orcid.org/0000-0003-3986-5768>

PhD. Biotecnología, Docente de planta- Universidad Surcolombiana

Email: [Claudiamilena.amorcho@usco.edu.co](mailto:Claudiamilena.amorcho@usco.edu.co)

Fecha de recibo: enero 31 de 2021

Fecha de revisión: febrero 01 de 2021

Fecha de aprobación: agosto 10 de 2021

DOI: 10.25054/22161325.2915

### Resumen

El vino tradicional de uva ha sido una bebida de éxito desde sus inicios en su elaboración por antiguas civilizaciones, pero a medida que el tiempo ha ido avanzando, ha surgido la curiosidad de elaborar bebidas alcohólicas usando frutas con una amplia gama de características químicas y biológicas que pueden ser convertidas en vinos de frutas de calidad excepcional, creando un espacio donde las personas pueden experimentar con las cantidades de materia prima usada, temperaturas, color de los recipientes y almacenamiento de la bebida final obteniendo grandes resultados. El objetivo de esta investigación se centró en evaluar el comportamiento del color del vino artesanal de curuba “Son del Alba” en su etapa de elaboración, almacenamiento y maduración con el fin de observar de qué forma variables como temperatura de fermentación y almacenamiento, color de la botella, agente clarificante y parámetros fisicoquímicos (pH, acidez titulable) inciden en la tonalidad e intensidad del color de la bebida final mediante el uso de un colorímetro Konica Minolta a través del espacio de color CIELab. De acuerdo a la literatura consultada, se pudo concluir que el comportamiento del color del vino se asemeja a un vino blanco, por el nivel de pH en el medio, el envejecimiento en el color y la oxidación características de estas bebidas por acción del corcho, trasiego y por consiguiente la levadura inoculada.

**Palabras clave:** bebidas fermentadas; vino de frutas; CIELab; acidez titulable; fisicoquímico; bentonita.

## Abstract

Traditional grape wine has been a successful drink since its inception in its production by ancient civilizations, but as time has progressed, the curiosity has arisen to make alcoholic beverages using fruits with a wide range of chemical and biological characteristics. that can be turned into fruit wines of exceptional quality, creating a space where people can experiment with the amounts of raw material used, temperatures, color of the containers and storage of the final drink obtaining great results. The objective of this research focused on evaluating the behavior of the color of the artisanal curuba wine "Son del Alba" in its elaboration, storage and maturation stage in order to observe how variables such as fermentation and storage temperature, color of the bottle, clarifying agent and physicochemical parameters (pH, titratable acidity) influence the tonality and intensity of the color of the final drink through the use of a Konica Minolta colorimeter through the CIELab color space. According to the literature consulted, it could be concluded that the behavior of the color of the wine is similar to a white wine, due to the pH level in the medium, the aging in the color and the oxidation characteristic of these beverages by the action of the cork, racking and therefore the inoculated yeast.

**Keywords:** fermented beverages; fruit wine; CIELab; titratable acidity; physicochemical; bentonite.

## 1. Introducción

El género *Passiflora* es el más grande de la familia *Passifloraceae* y comprende cerca de 500 especies. *Passiflora mollissima* L.H. Bailey es una baya de forma elipsoidal de 7 a 10 cm de largo, de color verde claro cuando se está desarrollando y completamente amarillo al madurar. La pulpa es firme, carnosa, jugosa y con pequeñas semillas de color negro. Su sabor es exótico, suave, agradable, perfumado, algo ácido y astringente. Es una fruta originaria de las tierras frías del norte de Suramérica, crece bien entre 1.800 y 4.000 metros sobre el nivel del mar con temperaturas de 8 a 16 °C. Se encuentra ampliamente distribuida en los Andes colombianos y en la Sierra Nevada de Santa Marta, extendiéndose en los departamentos de Magdalena, Boyacá, Cundinamarca, Valle del Cauca, Nariño, Cauca, Tolima, Antioquia, Huila, Caldas y Santander, principalmente. (Campos, 1992; Reina, 1995; Coral *et al.*, 2011; Rojano *et al.*, 2012; Parra & Cancino, 2019).

Al año 2019 se tienen identificados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 5.511 productores de pasifloras, los cuales están distribuidos mayormente en los departamentos de Antioquia, Valle, Huila, Boyacá y Meta. Para el año 2017 a nivel nacional se contaba con un Área sembrada de 20.700 Ha con una producción de 221.002 t, de las cuales 3.780 Ha pertenecen al Huila con una producción de 51.817 t, cifras que han variado considerablemente encontrando al 2019 un área sembrada de 19.960 Ha y una producción de 226.389 t, siendo a la fecha el Departamento del Huila el de mayor producción de pasifloras a nivel nacional con un área sembrada de 4.382 Ha que producen 41.990 t y un rendimiento de 13,30 t/Ha, de las cuales corresponden a curuba 131 Ha con una producción de 681 t y un rendimiento de 7,10 t/Ha para el mismo año (Minagricultura 2019; Minagricultura 2020). Para los años 2018 y 2019 los principales mercados de comercialización de frutas exóticas fueron, Países Bajos 14%, Reino Unido 33%, Bélgica 14%, Canadá 26% y Francia 6%. Ahora bien, en el caso particular de la curuba, este es uno de los productos que se exporta en menor cantidad estando por encima de ella frutas como uchuva, gulupa, granadilla, pitahaya, tomate de árbol, entre otras, pero en cuanto a crecimiento en cifras de ventas por medio de la exportación, ha sido el producto con el mayor incremento pasando de vender 29.505 US para el 2018 a vender 38.795 US para el 2019 traducido en una variación positiva del 31% con respecto al crecimiento total de todas las frutas exportadas (Agronegocios, 2018).

La curuba cuenta con gran potencial nutricional gracias a sus propiedades organolépticas y bioquímicas, con un alto contenido de calorías, agua, micronutrientes (Vitamina C, A y Riboflavina), minerales (Potasio, Fosforo, Magnesio, Sodio, Cloro, Hierro), compuestos fenólicos (Flavonoides, Carotenoides,  $\beta$  caroteno, licopeno, luteína y zeaxantina), carbohidratos y agentes antioxidantes. Entre las propiedades del fruto destaca su acción antioxidante, ya que al poseer flavonoides y carotenoides este confiere al ser humano la capacidad de captar radicales libres, (Beltran, 2019; García *et al.*, 2017). La variedad *Mollissima* se caracteriza por estar compuesta de antocianinas, taninos, flavonoides y ácidos fenólicos y también por concentrar una suma considerable de antioxidantes, además el

porcentaje de agua en su fruto es tres veces su peso, rica en vitamina C, betacaroteno, potasio, fósforo, y magnesio. (de Pabón *et al.*, 2011; Simirgiotis *et al.*, 2013). Posee 21 componentes volátiles, 39.9% corresponde a ésteres de etilo; en cuanto al aroma se identificaron 22 compuestos volátiles correspondiendo los picos más altos a (Z)- $\beta$ -ocimeno (56,6%), hexil butanoato (16,18%), hexil hexanoato (13,9%) y hexanol (3,1%) (Dembitsky *et al.*, 2011). Dentro de sus compuestos volátiles se encuentran: 30 alcanos, alquenos, aromáticos e hidrocarburos del terpeno, 4 aldehídos, 11 quetonas, 36 alcoholes, 4 lactonas, 5 ácidos grasos y 47 ésteres (Dhawan *et al.*, 2004). Estos componentes, en especial los flavonoides, juegan un papel importante para determinar el color, sabor y propiedades saludables únicas en la elaboración de vino de frutas (Mundaragi & Thangadurai, 2017).

Las industrias alimentarias están utilizando una variedad de métodos de conservación y procesamiento para extender la vida útil de frutas y hortalizas de modo que se puedan usar, consumir, transformar o transportar de forma segura a los consumidores. Una de las prácticas más usadas en la industria a escala comercial y artesanal radica en el uso de frutas maduras o sus jugos para la producción de vinos haciendo uso de microorganismos que favorezcan la fermentación alcohólica en el proceso. Durante mucho tiempo la humanidad ha disfrutado de sabores distintivos, resultantes del poder transformador de múltiples microorganismos. Estos microorganismos poseen funciones metabólicas especiales, que, al pasar los años, han sido aprovechadas en la industria alimentaria para la creación y mejoramiento de la calidad de diversos productos. Dentro de dichas funciones se encuentran los procesos de fermentación en alimentos. La fermentación es una técnica viable en el desarrollo de nuevos productos con cualidades fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales modificadas. Existen diversos tipos de fermentación, pero dentro de la industria de los alimentos para mejorar la calidad en la producción, las más relevantes son la fermentación alcohólica, ácido acético y láctica.

La fermentación alcohólica se emplea ampliamente para la preparación de bebidas en las que el alcohol es un componente principal. Una bebida alcohólica es una bebida que contiene etanol. Dentro de estas se pueden encontrar las cervezas, vinos y bebidas espirituosas destiladas como whisky, ron, ginebra, vodka, etc. Los vinos de frutas son bebidas alcohólicas no destiladas que generalmente se elaboran a partir de frutas diferentes a la uva. La fruta pasa por un período de fermentación y crianza. Suelen tener un contenido de alcohol que oscila entre el 5 y el 13 por ciento. (Swami *et al.*, 2014).

El vino de frutas se define como aquel que proviene de la fermentación de una determinada fruta de la cual se debe indicar el origen; partiendo de esta definición, es necesario conocer que no cualquier fruta es apta para la elaboración de vino artesanal de frutas ya que estas deben tener ciertas características que garanticen la calidad final de la bebida como, la jugosidad del fruto con el fin de obtener un buen rendimiento; contenido de azúcares transformables que garanticen una alta producción de alcohol a causa del metabolismo de las levaduras usadas durante el proceso de fermentación; el contenido de acidez debe ser justo para asegurar el desarrollo de las levaduras; finalmente debe ser aromático para conservar el atractivo en caso de que se requiera diluir. Los componentes clave para la elaboración del vino son polifenoles, alcoholes y volátiles los cuales tienen un papel importante en la mejora de la naturaleza del vino (Mena *et al.*, 2012; Styger *et al.*, 2011). Al ser un producto fermentado y sin destilar a base de frutas, el vino contiene la mayoría de los nutrientes presentes en el jugo de fruta original.

La levadura juega un papel fundamental en la elaboración del vino. Su actividad se ve influenciada principalmente por factores como la temperatura y el pH, que tienen un papel relevante en el control de la cinética de crecimiento y metabolismo de las levaduras y en la síntesis o transformación de compuestos bioactivos en el vino (Arroyo *et al.*, 2009). Los vinos se consideran sistemas dinámicos que cambian continuamente en términos de composición química y propiedades sensoriales. Durante la maduración y crianza de los vinos estos sufren una serie de transformaciones químicas resultantes de reacciones redox que afectan circunstancialmente el color y el aroma del vino. La intensidad y la estabilidad del color son rasgos primarios de los vinos tintos de alta calidad y larga duración. El color de los vinos tintos es un fenómeno complejo determinado por muchas variables, entre las cuales los pigmentos y la copigmentación son los principales contribuyentes (Forino *et al.*, 2020). El perfil químico

de un vino se deriva de la fruta que se va a utilizar, la microflora de fermentación (en particular la levadura *Saccharomyces cerevisiae*) las fermentaciones microbianas secundarias que pueden ocurrir, estrategias de filtración y maduración y las condiciones de envejecimiento y almacenamiento (Styger *et al.*, 2011).

El oficio de elaborar vinos a partir de otras frutas se practica más comúnmente entre los enólogos caseros y los artesanos en pequeños lotes de frutas de origen local. Cuando se trata de frutas distintas de las uvas, es posible que sea necesario agregar azúcar para estimular el proceso de fermentación en caso de que la fruta no contenga suficiente azúcar natural para fermentar por sí sola en presencia de levadura. La apreciación del vino requiere de varios aspectos que van desde la observación del color y el aspecto, el bouquet del vino, degustación en sí, y el residual o retrogusto. Este conjunto de aspectos forma una percepción sensorial compleja del vino. En primera instancia, el vino contiene una gran cantidad de compuestos activos de sabor y aroma tales como terpenos, ésteres, metoxipirazinas y aldehídos que se encargan de conferir a la bebida aromas y sabores distintos, como florales, afrutados, de pimienta, amaderados y similares (Bloem *et al.*, 2007; Hernanz *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2009; Regodón *et al.*, 2006). El sabor del vino se puede describir generalmente como dulce, salado, ácido y amargo de acuerdo con el tipo de fruta usada y su composición química, donde los azúcares, poliol, sal, polifenoles y compuestos flavonoides juegan un papel importante en la relevancia que estas notas características tengan en el sabor del vino. Compuestos como glicerol, polisacáridos y manoproteínas contribuyen a la viscosidad y la sensación en boca del vino (Mateo & Jiménez, 2000; Moreno & Polo, 2005) y las antocianinas al color.

Los espacios de color se utilizan ampliamente para predecir la apariencia de color de los objetos en condiciones de iluminación específicas, siendo el espacio CIE L\*a\*b\* uno de los espacios de color más usados en experimentos visuales desde su creación en 1976. Este método clásico para medir el color fue establecido por la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) basado en la determinación de valores triestímulos, que definen un espacio tridimensional. Estos valores se calculan mediante la medición de los valores de transmitancia en longitudes de onda en todo el espectro visible en condiciones específicas, utilizando un espectrofotómetro que permiten de forma general apreciar un conjunto de colores contenidos dentro de los límites de su espacio de color a lo que se le denomina gama de colores que tiene por objetivo cuantificar la calidad del color de las fuentes de luz (Durmus, 2020). En resumidas cuentas, los espacios de color se utilizan ampliamente para predecir el color de los objetos en condiciones de iluminación específicas. El método CIELab ha sido utilizado en la determinación de las características cromáticas de los vinos, mostrando que este método es el más preciso para medir el color y el más útil en la caracterización y diferenciación de vinos.

Los vinos de frutas están ganando importancia debido a las diferencias en sabor y valores nutritivos y se están haciendo intentos para mejorar la calidad de los vinos de frutas utilizando varios métodos (Jagtap & Bapat, 2015; Rai *et al.*, 2010, como se cita en VenuGopal *et al.*, 2018). Otro aspecto importante en los vinos de frutas es su almacenamiento a largo plazo con respecto a la estabilidad del color, donde tienden a perder color durante un período de tiempo; los contenidos fenólicos totales son los componentes principales del vino y juegan un papel importante en la calidad general del vino; en vinos que han sido inoculados con levaduras durante el proceso de fermentación, se evidencia una tasa diferencial de producción de alcohol por acción de las mismas, aumentando la extracción de compuestos flavonoides durante la fermentación alcohólica. Estas características fisicoquímicas, generan un diferencial en los vinos de frutas, confiriendo atributos sensoriales especiales y en algunas ocasiones.

El resultado es una compleja interacción entre todos estos compuestos que producen una bebida con un sabor, color y aroma característicos apetecibles para consumidores habituales o experto, en ese sentido, el objetivo de esta investigación se centró en evaluar el comportamiento del color del vino artesanal de curuba "Son del Alba" en su etapa de elaboración, almacenamiento y maduración con el fin de observar de qué forma variables como temperatura de fermentación y almacenamiento, color de la botella, clarificante y parámetros fisicoquímicos (pH, sólidos solubles, grado alcohólico, viscosidad y porcentaje de acidez) inciden en la tonalidad e intensidad del color de la bebida final mediante el uso de un colorímetro Konica Minolta a través del espacio de color CIELab, comparando literatura e investigaciones desarrolladas con frutas tropicales bajo condiciones similares.

## 2. Metodología

### 2.1. Elaboración del vino y localización

El vino de frutas “Son del alba”, fue elaborado en los laboratorios de microbiología de alimentos, alimentos, bromatología y análisis sensorial de la facultad de Ingeniería en la Universidad Surcolombiana. El vino fue elaborado en tanques fermentadores fabricados en acero inoxidable sellados herméticamente. La pulpa de fruta fue inoculada con 4 gramos de la cepa *Saccharomyces Cerevisae* (Var. Bayanus) (Erbsloh, Oenoferm Freddo, Alemania) específica para vinos blancos más, 4 g de un movilizador biológico y nutrientes para la reactivación de las levaduras (Erbsloh, Vita Drive F3. Alemania). Se midieron parámetros de pH, color y acidez titulable durante el proceso de elaboración, etapa de fermentación y finalmente al vino madurado. La muestra del vino de curuba “Son del Alba” madurada en botellas color ámbar, se conservó bajo refrigeración a una temperatura de 4 °C.

### 2.2. Caracterización fisicoquímica

#### 2.2.1. Potencial de Hidrogeniones (pH).

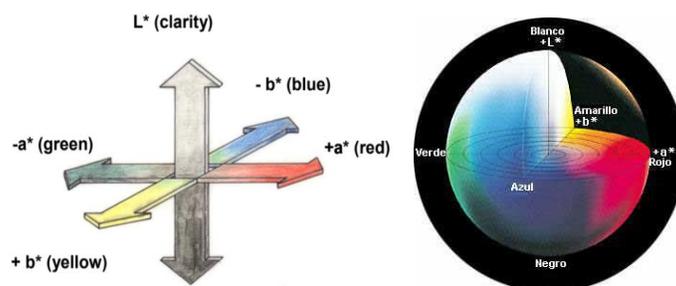
Se determinó mediante la metodología establecida por la NTC de 2015 (Icontec, 2015), en un potenciómetro digital (Ohaus 3001M, USA) previamente calibrado, al inicio, durante y al final del proceso de fermentación y nuevamente al vino madurado.

#### 2.2.2. Porcentaje de acidez titulable medido en ácido cítrico.

Se entiende como la cantidad de una sustancia presente en la solución valorada mediante la adición de hidróxido de sodio (NaOH) al 0,1 N, expresada en porcentaje de ácido cítrico de acuerdo con el método oficial AOAC 942.15. (Oviedo *et al.*, 2018)

#### 2.2.3. Color

El color fue medido por colorimetría, usando un colorímetro (KONICA MINOLTA, CR-410, JAPÓN) donde se identificó la calidad del color, consistencia y apariencia mediante el sistema CIELab en coordenadas  $L^*a^*b^*$  (ver figura 1), empleando un volumen de muestra de jugo de curuba y vino de curuba de 40 mL del vino madurado “Son del Alba”.



**Figura 1.** A la izquierda diagrama de coordenadas colorimétricas según la comisión Internacionale de l'eclairage (CIE,1976). A la derecha espacio de color proporcionado por el fabricante Konica Minolta.

De acuerdo a lo estudiado por Oviedo *et al* (2018), la interpretación de las coordenadas que conforman el espacio CIELab se determinan de la siguiente forma: La coordenada cromática  $a^*$  se torna color rojo cuando el valor es positivo, a medida que tiende a la escala negativa se va tornando de color verde. La coordenada cromática  $b^*$  se torna amarillo cuando el valor es positivo y a medida que tiende a la escala negativa se va tornando de color azul. El parámetro  $L^*$  indica luminosidad, y dependiendo de la ubicación de los parámetros  $a^*$ ,  $b^*$  y  $L^*$  le da al color un tono más claro, hasta alcanzar el blanco ( $L^* = 100$ ), o un color más oscuro hasta negro ( $L^* = 0$ ). Los parámetros

CIELAB de  $c^*$  (Chroma) (Ecuación 1),  $H^*$  (tono) (Ecuación 2) y la diferencia de color  $\Delta E$  (Ecuación 3) se calcularon en función de coordenadas cromáticas  $a^*$  y  $b^*$ . Cuando el valor de  $H^* = 0$  es rojo, a medida que aumenta el tono ( $H^*$ ) o cuando se aleja de 0, se cambia a rojo-naranja ( $H^* = 45$ ), amarillo ( $H^* = 90$ ), verde ( $H^* = 180$ ) y tonos azules ( $H^* = 270$ ).

$$c^* = \{(a^*)^2 + (b^*)^2\}^{\frac{1}{2}} \tag{1}$$

$$H^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \tag{2}$$

$$\Delta E = ((L - 35)^2 + (a^* - 9)^2 + (b^* - 29)^2)^{\frac{1}{2}} \tag{3}$$

### 2.2.4. Clarificación

La clarificación se realizó al finalizar la fermentación alcohólica. Durante esta etapa existe una separación de fases, se separó la bebida fermentada de los residuos de fruta, proteínas y levaduras que se precipitaron en el fondo del recipiente. Se adicionaron 4 gramos de bentonita previamente hidratada para garantizar una bebida límpida y libre de partículas suspendidas.

### 2.2.5. Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza simple (ANOVA) para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a través del tiempo usando el paquete estadístico Statgraphics Centurión XVI-Versión 16.1.18. Para el análisis sensorial se realizó un análisis estadístico de varianza ANOVA usando el paquete estadístico Microsoft Office Excel, con un nivel de significancia de 0,05. ( $p < 0,05$ ). Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

## 3. Resultados y análisis

### 3.1. Incidencia de parámetros fisicoquímicos en el color del vino de curuba “Son del Alba”

En la tabla 1 se consignaron los datos obtenidos del promedio de pH, % de acidez titulable y promedio de las mediciones de color en el espacio CIELab.

**Tabla 1.** Variables medidas en el vino “Son del Alba”.

Fase	Tiempo (días)	pH	% Acidez	L*	a*	b*	$\Delta E$	Croma	tono
Etapa de fermentación	0	2,60±0,00	0,78±0,00	37,21±0,15	6,8±0,02	11,30±0,17	17,97±0,15	13,19±0,16	1,03±0,00
	1	3,20±0,00	0,91±0,09	37,10±0,00	7,27±0,19	11,55±0,22	17,66±0,20	13,65±0,08	1,01±0,02
	3	3,25±0,07	0,82±0,00	36,99±0,12	7,17±0,14	11,39±0,17	17,81±0,17	13,46±0,23	1,01±0,00
	4	3,25±0,07	0,81±0,00	36,51±0,07	7,10±0,16	11,08±0,02	18,08±0,2	13,16±0,10	1,00±0,01
	7	3,20±0,00	0,87±0,56	36,87±0,08	6,56±0,30	11,18±0,10	18,08±0,14	12,97±0,24	1,04±0,01
	12	3,35±0,07	0,88±0,01	37,35±0,21	6,22±0,02	11,15±0,21	18,21±0,18	12,77±0,17	1,06±0,01
	14	3,35±0,07	0,93±0,00	37,01±0,64	6,38±0,03	11,20±0,31	18,10±0,23	12,89±0,26	1,05±0,01
Vino madurado	226	3,15±0,07	0,77±0,24	25,58±0,16	6,42±0,25	0,88±0,14	29,77±0,09	6,48±0,26	0,13±0,02

Dado que no hay a la fecha un protocolo estándar para la elaboración de vino a base de curuba, a su vez, durante la búsqueda en literatura y bases de datos, no se encontraron documentos bases para la elaboración de bebidas a base de esta fruta, para la preparación del vino “Son del Alba” se usaron agentes para chaptalizar, se inoculo con levadura y se conservó a temperaturas adecuadas para vinos de uva generando cierta incertidumbre sobre el comportamiento del vino en condiciones poco conocidas y no estandarizadas

Un aspecto interesante desde el punto de vista enológico consecuencia de los incrementos mínimos de pH a causa de la fermentación maloláctica es que el color de los vinos, debido sobre todo a las antocianinas como la malvidina,

evoluciona hacia tonalidades menos intensos y no tan rojos, lo que los hace más interesantes visualmente (Bordons & Reguant, 2013). Los resultados obtenidos del vino de curuba "Son del Alba" en cuanto a pH fueron relativamente altos favoreciendo la reducción de los tonos rojizos y el enriquecimiento en los tonos anaranjados característicos de coordenadas  $b^*$  y  $a^*$  positivas; dicha degradación de las antocianinas, según Rodríguez, 2017, es causada en la mayoría de ocasiones por la fermentación maloláctica (FML) con presencia de las BAL. La densidad de colores y luminosidad según los resultados obtenidos en las coordenadas  $L^*$   $a^*$   $b^*$  se mantuvo constante durante la etapa de fermentación alcohólica que comprende los días 0 al 14; por otro lado, se observa una disminución de la densidad de colores hasta el final de la fermentación maloláctica que comprende los días 15 al 226.

Algunos autores como Somers, T. 1980 también han observado grandes pérdidas de color del vino, atribuidas a la precipitación de pigmentos condensados, condensación de antocianinas con proteínas y fijación de pigmentos en células de levadura (Riego, 1993). Otro cambio sustancial en la densidad del color del vino se generó al final de la fermentación alcohólica y durante lo que se puede presumir como una fermentación maloláctica, donde se observó una variación en el pH debido a la transformación del ácido málico en ácido láctico. El pH es un factor sumamente importante en la elaboración de vinos de cualquier clase, dado que la acidez del medio crea un equilibrio con las antocianinas (presentan diferentes formas químicas de acuerdo al pH), para mantener el color del vino. Según Peña, 2006, los vinos con pH muy bajos presentan coloraciones rojas, pero al momento que el pH aumenta, este pasa a una base de color violáceo.

Según Marinho *et al.*, 2009, la acidez de las bebidas puede verse influida por el control del proceso de fermentación, así como por la cepa de levadura elegida, la pureza y el manejo del jugo. Además de estos factores, también es importante evitar la aireación del mosto durante el proceso, ya que el aumento de oxígeno en el medio conduce a la conversión de azúcar en ácido acético en lugar de etanol. De acuerdo a los datos obtenidos, se evidenció una reducción en el pH pasando de 3.35 a 3.15 y por ende generando una acidificación del medio, desde la finalización de la etapa de fermentación del jugo de curuba hasta la etapa de maduración. Esta acidificación se puede asociar a la matriz porosa del corcho usado durante el embotellado, la cual se presume que puede permear parte del oxígeno al interior de la botella, oxidando la bebida.

Por otro lado, los compuestos fenólicos se clasifican en diferentes grupos, antocianinas y flavonoides los cuales tienen mayor influencia sobre el color, su evolución y otras características organolépticas en los alimentos (Dolores *et al.*, 2018). Ahora bien, Čakar *et al.*, 2019, en sus estudios observo que la adición de azúcar para incrementar los sólidos solubles con el fin de aprovechar el sustrato en la producción de alcohol durante la fermentación alcohólica, conlleva a su vez a un aumento en el contenido de compuestos fenólicos según las propiedades antioxidantes y la composición nutricional de la fruta usada. Ahora bien, la curuba es una fruta con un alto contenido de agentes antioxidantes naturales que, junto a la adición de azúcar, se presume que se concibiera un aumento significativo del contenido de compuestos fenólicos que pudieran contribuir a una posible oxidación masiva en el color del vino. La calidad final del vino deriva del contenido de fenoles y antioxidantes que la bebida contenga, junto con el tiempo de fermentación y maduración, son considerados factores que afectan drásticamente el sabor y color final derivado de las diferentes reacciones que se presentan durante cada uno de los procesos que intervienen por agentes externos u internos propios de la composición de la fruta usada. (García-Hernández *et al.*, 2020).

Las antocianinas y taninos son los que dan el color del vino; las antocianinas son pigmentos presentes en los frutos maduros donde sus colores pueden ser rojos, violeta y azules, además de ser precursores para determinar la capacidad de envejecimiento del vino (Oviedo *et al.*, 2018); según Arriola & Tapia, 2017, estos compuestos por diversas operaciones químicas y agentes presentes durante la fermentación y maduración del vino de frutas como oxidación fenólica o reducción redox tienden a blanquearse, además, factores como el tipo de agente clarificante, el color de los recipientes de almacenamiento, exposiciones prolongadas o constantes a fuentes de luz intensas, incluso la temperatura de almacenamiento afectan considerablemente el color del vino; indirectamente los complejos formados de proteína y bentonita pueden unirse con antocianinas y generar pérdidas de color (Gómez *et al.*, 2000).

Como agente clarificante en la elaboración del vino, se usaron 4 gramos de bentonita grado alimentario (Fossil, Powerw2, USA). Se hidrato con una porción del jugo durante 48 horas y se usó como clarificante durante 48 horas adicionales. Durante el proceso de clarificación, se observaron flóculos y material particulado que fueron retirados con ayuda de un liencillo esterilizado. Al retirar los residuos, se observó un cambio en el color de la bebida, pasando de ser oscura y turbia, a ser brillante y clara. Ahora bien, Carrión *et al.*, 2018, encontró que la bentonita absorbe enzimas causantes de la degradación del color en los vinos, enzimas que solo pueden ser vistas mediante microscopio, por lo que, al aplicar diferentes niveles de bentonita, cambia la tonalidad del producto, siendo este cambio imperceptible al ojo humano. Main, G. *et al* 1991, en su estudio denominado “Color of Riesling and Vidal Wines as Affected by Bentonite, Cufex®, and Sulfur Dioxide Juice Treatments”, advierte que la bentonita es una arcilla de silicato de aluminio volcánico con componentes catiónicos intercambiables y se utiliza para reducir el contenido de proteínas; esta absorbe el polifenol oxidasa, fenoles y otras moléculas cargadas positivamente disminuyendo la densidad del color durante el tiempo que este en contacto con la bebida.

De acuerdo a la literatura consultada, se puede predecir que las variaciones del color medidas con ayuda del colorímetro digital, se pudieron generar en algún momento de la etapa de clarificación, entre el embotellado y la maduración de la bebida. Dicha degradación en el color que opaca la luminosidad y favorece tonos más azulados y anaranjados, puede ser el resultado del intercambio catiónico entre la bentonita y la composición fenólica y antioxidante de la curuba, que, por acción de la cantidad agregada en este caso, causo una despigmentación, oxidación y posible decoloración de la bebida durante la maduración en botella, generando flóculos y material orgánico en el fondo de la botella en diversas ocasiones, viendo la necesidad de realizar 3 filtrados adicionales con liencillos para eliminar la turbiedad y por ende 3 trasiegos (ver figura 2). Autores como Ribereau, 1977 encontraron que la aireación producida por el trasiego puede interferir en la coloración del vino de forma positiva o negativa, confiriendo coloraciones vivas o pardas dependiendo la composición nutricional de la materia prima usada. Aun en literatura no se encuentran valores ideales de bentonita para ser usados en la clarificación de bebidas fermentadas o vinos de frutas, por lo cual, los resultados obtenidos en la evaluación del color en la elaboración del vino de curuba, son relevantes para ajustar una cantidad de bentonita ideal que permita garantizar una clarificación adecuada, en un corto tiempo y que no afecte el color y sabor de la bebida final.



**Figura 2.** A la izquierda vino de curuba “son del alba” al día 14 una vez finalizada la fermentación (primer embotellado). En el centro y a la derecha vino de curuba “son del alba” madurado al día 226 y antes de realizar el ultimo filtrado y trasiego.

Otro pigmento importante en la coloración de los vinos son los carotenoides que se conocen como precursores de los norisoprenoides, que son responsables de un sabor aromático distintivo y un color amarillo brillante. Investigaciones realizadas por Chakraborty *et al.*, 2015, evaluó el color de vinos de mango variedad Banginapalli y Totapuri encontrando que el valor de la coordenada  $L^*$  arrojaron 28.11 y 16.72 respectivamente situando al vino de curuba elaborado en este estudio entre el espacio de luminosidad de ambos vinos. Curiosamente los valores positivos de  $a^*$  y  $b^*$ , como se observa en el trabajo de Chakraborty, se atribuyen a los carotenoides presentes en el vino los cuales se traducen en el valor de  $C^*$  (Chroma) donde se mide el aporte de  $a^*$  (enrojecimiento) y  $b^*$  (amarillez),

encontrando valores de chroma de 10,33 y 16,05 valores alejados del obtenido en el vino de curuba de 6,48 que da como resultado una bebida con tonos opacos, oscuros y rojizos.

Durante la conservación y crianza de los vinos tintos, la concentración de antocianinas (principal responsable del color del vino) va disminuyendo debido a su reacción con otros compuestos fenólicos, principalmente con los flavanoles. Este fenómeno provoca cambios en el color del vino pasando de tonos rojos azulados característicos de vinos jóvenes, a tonos marrones rojizos característicos de los vinos maduros, así como una disminución de la astringencia del vino (Atanasova *et al.*, 2002). El color también proporciona información sobre posibles defectos y cambios durante el almacenamiento. Por tanto, el color es un parámetro importante en el control de calidad de los vinos. En los días 7 al 226 se observó una reducción, indicando que estos parámetros tienden a ubicarse dentro de un espacio de color rojo-verdoso. Esta reacción puede ser el resultado de la oxidación de las antocianinas presentes en la curuba, factor que se puede considerar como un defecto en la calidad del vino madurado, producida una vez embotellado el vino, por causas comunes como rastros de contenido de oxígeno al interior de las botellas una vez han sido encorchadas, bentonita como agente clarificante, el color de las botellas, la exposición a fuentes de luz constante y la temperatura de almacenamiento.

Wei *et al.*, 2019a, en su trabajo de investigación “Characteristic fruit wine production via reciprocal selection of juice and non-Saccharomyces species” advierte que los valores bajos en  $L^*$  y fluctuaciones en  $a^*$  pueden ser explicados por variaciones del pH en los vinos, afectando considerablemente su color. Durante el periodo de fermentación se observó un comportamiento estable en las coordenadas  $L^*a^*b^*$ . Finalizado el periodo de maduración en botella, se observó una alteración en las coordenadas  $L^*a^*b^*$ , opacando la bebida e indicando una tonalidad azulada-amarilla-anaranjada junto con una reducción en el nivel de pH pasando de 3.35 en el día 14 a 3.15 para el vino madurado. Este comportamiento es muy similar a lo encontrado por Wei *et al.*, 2019b, se puede asumir que el pH puede influir en el color del vino acidificando el medio y por ende alterando la carga catiónica del material orgánico que compone la bebida oxidando las antocianinas de la fruta. Los valores de la media de cromas y tonos obtenidos al final fueron  $6,48 \pm 0,26$  y  $0,13 \pm 0,02$  respectivamente; estos también probablemente se vieron afectados por la reducción del pH en la bebida ocasionando una disminución notoria que se aprecia en la tabla 1.

Estudios realizados por Garcia-Hernandez *et al.*, 2020, usando espectros ATR-FTIR mostraron que la intensidad de los picos de polifenoles presentes en los vinos jóvenes era superior a los vinos de crianza, reserva y gran reserva porque el contenido polifenólico en los vinos jóvenes es mayor. Estos resultados van ligados con los resultados obtenidos en color en el mismo estudio donde evidenciaron que la tendencia general de la coordenada  $a^*$  disminuyó durante el envejecimiento mientras que los valores de la coordenada  $b^*$  responsable del color amarillo, ángulo de tono responsable de la tonalidad ( $h^*$ ) y luminosidad ( $L^*$ ) aumentó. Comparando estos resultados con los obtenidos en el presente estudio, se pudo evidenciar que el valor de la coordenada  $a^*$  efectivamente disminuyó a través del tiempo, pero no tan drásticamente comparado con los valores de la coordenada  $b^*$  donde efectivamente si se generó una reducción notable que no concuerda con lo establecido en el estudio en comparación. Esta diferencia en el comportamiento del color entre las dos frutas, se puede atribuir a la composición química y nutricional diferenciada de cada una de ellas. La curuba cuenta con gran potencial nutricional con un alto contenido de calorías, agua, micronutrientes (Vitamina C, A y Riboflavina), minerales (Potasio, Fosforo, Magnesio, Sodio, Cloro, Hierro), compuestos fenólicos (Flavonoides, Carotenoides,  $\beta$  caroteno, licopeno, luteína y zeaxantina), carbohidratos y agentes antioxidantes (Beltran, 2019; García *et al.*, 2017); la uva está constituida en un 80-90 % por agua. Posee componentes mayoritarios como azúcares (glucosa y fructosa), ácidos orgánicos, fundamentalmente ácidos málico y tartárico (su concentración determina la acidez total de la uva, compuestos fenólicos solubles que contribuyen al color y al sabor del vino y compuestos aromáticos que contribuyen al sabor y al aroma. Entre los compuestos fenólicos solubles se distinguen tanto flavonoides (antocianinas, flavanoles o catequinas y taninos) como no flavonoides (estilbenos, resveratrol, entre otros) (Carbonell & Martínez, 2013). Viendo la composición de las dos frutas, se encuentra que la curuba posee Carotenoide y  $\beta$ -carotenos responsables de los colores rojos, naranjas y

amarillos característicos de la coordenada  $b^*$  en el espacio CIELab, mientras que la uva es rica en taninos, antocianinas y flavonoles responsable de colores más rojizos y oscuros. Debido a esto, se encuentra una lógica en el comportamiento en la coordenada  $b^*$  en el vino de fruta de curuba, el cual se vio drásticamente afectado por el envejecimiento del vino tras el embotellado y produjo unas coloraciones azuladas, moradas y rojizas en la bebida final, oxidando o despigmentando los compuestos fenólicos mencionados anteriormente.

En cuanto a la luminosidad la tendencia tampoco se cumplió, disminuyendo a través del tiempo. Asumiendo que el comportamiento no fue similar con el estudio en mención se puede deducir que el vino de curuba posee un bajo contenido de polifenoles, características semejantes a vinos de reserva o madurados por un tiempo considerable. De acuerdo a esto, se consideran que el color de la botella en primera instancia, no es un factor relevante para determinar que puede afectar drásticamente la calidad del color del vino, teniendo en cuenta que en el estudio realizado por Garcia *et al.*, 2020, todos los vinos evaluados corresponden a vinos embotellados en envase oscuro, mientras que en la presente investigación se usaron botellas oscuras y claras y no se evidencio una diferencia significativa en el color del vino por efectos del color del envase. Con respecto a la diferencia en la coordenada  $b^*$  y luminosidad se puede considerar con mayor seguridad una posible oxidación de las antocianinas, taninos, carotenoide y  $\beta$ -carotenos compuestos que hacen parte en gran cantidad de la composición nutricional de la curuba.

Otros estudios relevantes para comprender los resultados obtenidos son los realizados por Oviedo *et al.*, 2018 y Jiménez *et al.*, 2018 donde se pudo evidenciar para el primer caso un comportamiento en el color del vino muy similar al vino estudiado, con picos de incremento en la coordenada  $a^*$  durante el proceso de fermentación y picos de reducción considerables en la coordenada  $b^*$  y  $L^*$  durante el mismo proceso. Para el segundo estudio, los valores de  $a^*$  tuvieron un comportamiento diferente, con picos bajos al inicio y finalmente un incremento considerable en la coordenada  $a^*$  y  $b^*$ . Estas diferencias pueden ser ocasionadas por el tipo de producto usado para chaptalizar dado que en el primer estudio se usó azúcar común y para el segundo estudio se empleó miel. En ambas situaciones, se usaron botellas color ámbar para el embotellado y corchos tradicionales, por lo cual se reitera que el color del envase no ha sido un factor determinante para evaluar la calidad final del color. Según Atanasova *et al.*, 2002, los compuestos no flavonoides no afectan directamente el color del vino tinto, si no que la oxidación enzimática producida por estos compuestos afecta a los vinos blancos, originando tonalidades amarillas o marrones. Esta afirmación, es relevante para deducir que el vino de curuba elaborado, por sus características finales, debe ser considerado como un vino blanco de frutas y no un vino tinto, dado que esta oxidación enzimática característica de esta clase de vinos se presentó fielmente en el color final de la bebida según la literatura consultada y los resultados obtenidos en coordenadas CIELab. Además, durante la elaboración del vino, ocurren simultáneamente reacciones enzimáticas (etapas tempranas) y reacciones químicas que tienen prelación en las últimas etapas cuando la actividad enzimática decrece y el vino de frutas es más susceptible a cambios de coloración por variaciones en la temperatura de almacenamiento que pueden afectar el nivel de pH del medio, generando una oxidación enzimática, de otros fenoles del medio, y a su vez, una importante decoloración. Sin embargo, en los vinos durante la fermentación, las levaduras en el medio compiten con las polifenoloxidasas por el consumo del oxígeno disponible.

Constantemente se ha recalcado el alto contenido de antocianinos y flavonoides presentes en la curuba, y esto debido a que son compuestos complejos, versátiles y susceptibles a cambios bruscos por variables como la temperatura, pH e hidratación. Según Brouillard & Delaporte, 1977 y Cheminat & Brouillard, 19867, los cationes flavilium ( $AH^+$ ) reaccionan de diversas formas cuando son hidratados y a su vez cuando son sometidos a cambios de pH. Estos cationes son predominantes en medios muy ácidos ( $pH < 2$ ), pero a medida que el pH aumenta se van tornando azules o muchas veces incoloros. Esto se encuentra muy relacionado con los cambios que reflejados en el color del vino en la coordenada  $b^*$ , la cual paso de tonos azules profundos a azules amarillentos esto a causa de una variación en el pH inicial el cual era muy cercano al citado, pero fue aumentando, reduciendo la acidez en el medio, favoreciendo tonalidades más azuladas oscuras. Según Atanasova *et al.*, 2002, el incremento en la intensidad y la

estabilidad del color, es el resultado de la autoasociación de las antocianinas o de la copigmentación, todo gracias a un cambio fuerte en la hidratación hacia las formas flavilium que se ve afectado por el rango del pH de la bebida final donde predominen las formas hidratadas, la solubilidad y la localización de constituyentes fenólicos propios de la fruta, que se ven afectados por factores como la temperatura, el contenido de etanol y dióxido de azufre incluso la homogeneización del jugo durante la fermentación. Estos factores afectan la concentración de las antocianinas las cuales alcanzan un máximo durante la fermentación y maduración, pero decrecen lentamente por una continua extracción de taninos.

Los vinos son un conjunto complejo de compuestos que interactúan entre sí y que dependiendo de la composición del fruto se puede o no elaborar una bebida final de calidad. En un estudio realizado por Gonzalez *et al.*, 2007 encontraron que el contenido de polifenoles totales de los vinos se puede predecir de acuerdo a la riqueza fenólica de la fruta, en tanto su contenido de antocianinas y la intensidad colorante puede ser predecible de acuerdo al potencial en antocianinos totales de la fruta. Los valores promedios de pH del mismo estudio fueron de 3,87, 3,81, 3,83, 3,95 similares al vino de curuba “Son del Alba” que fue de 3,15. Ahora, los vinos de Gonzalez, se tornaron con menos intensidad y una proporción reducida de moléculas coloreadas de antocianinas, esto debido a que el pH del medio al tornarse menos ácido de lo que cita la literatura genera un desequilibrio polifenólico comparable con lo estudiado por Preston & Timberlake, 1981 y Glories, 1984, donde se establece que estas diferencias de acidez determinan modificaciones en los equilibrios entre las formas ionizadas y no ionizadas de los antocianos, razón que soporta la intensidad y oscurecimiento del vino de curuba por ser una bebida con un pH notoriamente más ácido que los estudiados. Esta relación se soporta con lo evidenciado por Garcia *et al.*, 1994, Guyot *et al.*, 1995, Fulcrand *et al.*, 2006 Vivas *et al.* 2004, donde encontraron que las diferencias de pH determinan la proporción de antocianos decolorados, así como la velocidad de las reacciones de oxidación y de adición entre los diversos polifenoles que varía dependiendo de la composición química y biológica de la fruta usada, en este caso, la curuba por su alto contenido de antocianinas, flavonoides, carotenoides pero pocos polifenoles la hacen más susceptible a reacciones de oxidación por cambios bruscos de pH. Cabe resaltar que al momento que se realiza el vino existe una incidencia fundamental con respecto a la composición de la curuba la cual puede variar la bebida final y se puede ver alterada en función de la edad de los vinos debido a que los compuestos implicados evolucionan constantemente durante la conservación, maduración y envejecimiento del vino.

#### 4. Conclusiones

Se pudo concluir mediante el uso de las coordenadas del espacio de color CIELab que, factores como el envase usado no influyeron directamente en la coloración del vino, mientras que la temperatura, humedad relativa, tipo de corcho (corcho natural), composición de la fruta usada, tiempo de fermentación, bentonita de grado alimentario como agente clarificante, azúcar como agente para chaptalizar y el pH del medio, son factores relevantes en la conservación del vino y afectan drásticamente la calidad final de la gama de colores de la bebida final.

Otro factor crucial que influyó en la coloración final del vino fue la cepa de levadura usada, que para el caso del vino de frutas “Son del Alba” fue inoculado con *Saccharomyces Cerevisae* (Var. Bayanus) para vinos blancos. El comportamiento del color del vino se asemeja a un vino blanco, por el nivel de pH en el medio, el envejecimiento en el color y la oxidación características de estas bebidas por acción del corcho, trasiego y por consiguiente la levadura inoculada. Con este trabajo se busca generar un aporte importante que permita a la comunidad científica, entender el comportamiento de una bebida bajo unas condiciones metodológicas establecidas de acuerdo a la enología tradicional en vinos de uva, y así generar una idea fácilmente replicable en la elaboración de diversas bebidas fermentadas a base de frutas diferentes a la uva.

Se incentiva a la elaboración de una bebida similar con inoculación de levadura para vino tinto o en su defecto con microorganismos propios de la fruta sin inocular levaduras comerciales.

## 5. Referencias bibliográficas

- Agronegocios. Colombia exportó us\$74,3 millones de frutas exóticas en 2019, 6% más que el registro de 2018. [online] 2020. Disponible: <https://www.agronegocios.co/agricultura/colombia-exporto-us743-millones-de-frutas-exoticas-en-2019-6-mas-que-en-2018-2950228>. [Citado el 30 de septiembre de 2020].
- Arriola, A., & Tapia, M. (2017). *Análisis De Oxidaciones Controladas En Mostos Y Vinos*. Universidad Nacional De Cuyo.
- Arroyo-López, F. N., Orlić, S., Querol, A., & Barrio, E. (2009). Effects of temperature, pH and sugar concentration on the growth parameters of *Saccharomyces cerevisiae*, *S. kudriavzevii* and their interspecific hybrid. *International Journal of Food Microbiology*, 131(2–3), 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.01.035>
- Atanasova, V., Fulcrand, H., Cheynier, V., & Moutounet, M. (2002). Effect of oxygenation on polyphenol changes occurring in the course of wine-making. *Analytica Chimica Acta*, 458(1), 15–27. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(01\)01617-8](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(01)01617-8)
- Beltran Leon, D. A. (2019). Caracterización morfológica de las curubas *P. tarminiana* y *P. tripartita* var. *mollissima* en el municipio de Facatativá, Cundinamarca. (p. 25). file:///G:/recuperados/chia/chia.pdf
- Bloem, A., Bertrand, A., Lonvaud-Funel, A., & De Revel, G. (2007). Vanillin production from simple phenols by wine-associated lactic acid bacteria. *Letters in Applied Microbiology*, 44(1), 62–67. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2006.02037.x>
- Bordons, A., & Reguant, C. (2013). Bioquímica de las bacterias lácticas del vino y la fermentación maloláctica. *Sebbm*, 14–17. <http://www.sebbm.com/revista/articulo.asp?id=4824&catgrupo=262&tipocom=24>
- Brouillard, R., & Delaporte, B. (1977). Chemistry of Anthocyanin Pigments. 2.1 Kinetic and Thermodynamic Study of Proton Transfer, Hydration, and Tautomeric Reactions of Malvidin 3-Glucoside. *Journal of the American Chemical Society*, 99(26), 8461–8468. <https://doi.org/10.1021/ja00468a015>
- Čakar, U., Petrović, A., Pejin, B., Čakar, M., Živković, M., Vajs, V., & Đorđević, B. (2019). Fruit as a substrate for a wine: A case study of selected berry and drupe fruit wines. *Scientia Horticulturae*, 244(June 2018), 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.020>
- Campos Espinosa, T. (1992). El Cultivo de la Curuba (*Passiflora mollissima* (H.B.K) Bailey) en Colombia. In *Acta Horticulturae* (Vol. 310, pp. 215–231). <https://doi.org/10.17660/actahortic.1992.310.26>
- Carbonell Bejerano, P., & Martínez Zapater, J. M. (2013). Estructura y composición de la uva y su contribución al vino. *Revista de Enología Científica y Profesional*, 139 (8), 9.
- Carrión Gutiérrez, C. V., Barrazueta Rojas, S. G., Mendoza Zurita, G. X., & Lara Freire, M. L. (2018). Mejoramiento De Las Propiedades Físicoquímicas Del Vino Usando Distintos Niveles De Bentonita. *Ciencia Digital*, 2(4.2.), 67–87. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2.202>
- Chakraborty, K., Saha, J., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2015). Optimization of bioprocessing parameters using response surface methodology for bael (*Aegle marmelos* L.) wine with the analysis of antioxidant potential, colour and heavy metal concentration. *Nutrafoods*, 14(1), 39–49. <https://doi.org/10.1007/s13749-014-0064-8>

- Cheminat, A., & Brouillard, R. (1986). Pmr Investigation Of 3-O-(B-D-Glucosyl) Malvidin Structural Transformation In Aqueous Solutions. *Tetrahedron Letters*, 27 (37)(37), 4457–4460.
- Colombia. ministerio de agricultura y desarrollo rural. Cadena de pasifloras: indicadores e instrumentos primer trimestre 2020. Bogota (Colombia): 2020, 18 p.
- Colombia. ministerio de agricultura y desarrollo rural. Cadena de pasifloras: indicadores e instrumentos. Bogota (Colombia): 2019, 28 p.
- Coral, C., Álvarez, R., Eraso, I., Morfoagronómica, C., Nariño, D. De, Revistas, R. De, América, C. De, & Boyacá, D. (2011). Colección Y Caracterización Morfoagronómica Del Subgénero Tacsonia En La Zona Andina Del Departamento De Nariño, Colombia Collection And Morphoagronomic Characterization Of Tacsonia Subgender In The Andean Zone Of The Department Of Nariño, Colombia. *Colección Y Caracterización Morfoagronómica Del Subgénero Tacsonia En La Zona Andina Del Departamento De Nariño, Colombia Collection And Morphoagronomic Characterization Of Tacsonia Subgender In The Andean Zone Of The Department Of Nariño, Colombia*, 64(1), 5893–5907.
- De Pabón, L. M. C., Turbay, S., Rojano, B., Álvarez, L. M., Restrepo, S. L., Álvarez, J. M., Bonilla, K. C., Clara Ochoa, O., & Sánchez, N. (2011). Algunas especies de Passiflora y su capacidad antioxidante. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 16(4), 354–363.
- Dembitsky, V. M., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S., & Gorinstein, S. (2011). The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Research International*, 44(7), 1671–1701. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.003>
- Dhawan, K., Dhawan, S., & Sharma, A. (2004). Passiflora: A review update. *Journal of Ethnopharmacology*, 94(1), 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.02.023>
- Dolores, P., Carolina, C., Laura, M., Adriana, M., & Sari, S. (2018). Efecto combinado de cepa de levadura y Terroir en vinos Malbec de Mendoza Combined effect of yeast strains and Terroir on Malbec wines from Mendoza. *XII Congreso Internacional Terroir, 02005*, 1–7.
- Durmus, D. (2020). CIELAB color space boundaries under theoretical spectra and 99 test color samples. *Color Research and Application*, 45(5), 796–802. <https://doi.org/10.1002/col.22521>
- Forino, M., Picariello, L., Lopatriello, A., Moio, L., & Gambuti, A. (2020). New insights into the chemical bases of wine color evolution and stability: the key role of acetaldehyde. *European Food Research and Technology*, 246(4), 733–743. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03442-x>
- Fulcrand, H., Dueñas, M., Salas, E., & Cheynier, V. (2006). Phenolic reactions during winemaking and aging. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 289–297.
- García-Hernandez, C., Salvo-Comino, C., Martín-Pedrosa, F., García-Cabezón, C., & Rodríguez-Mendez, M. L. (2020). Analysis of red wines using an electronic tongue and infrared spectroscopy. Correlations with phenolic content and color parameters. *Lwt*, 118(April 2019), 108785. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108785>
- García-Ruiz, A., Girones-Vilaplana, A., León, P., Moreno, D. A., Stinco, C. M., Meléndez-Martínez, A. J., & Ruales, J. (2017). Banana passion fruit (*Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey): Microencapsulation, phytochemical composition and antioxidant capacity. *Molecules*, 22(1), 1–12.

<https://doi.org/10.3390/molecules22010085>

- Garcia-Viguera, C., Bridle, P., & Bakker, J. (1994). The effect of pH on the formation of coloured compounds in model solutions containing anthocyanins, catechin and acetaldehyde. *Vitis*, 33(1), 37–40.
- Glories, Y., 1984. La couleur des vins rouges. 2e. Partie: Mesure, origine et interpretation. *Conn. Vigne Vin*, 18, 4, 253-271
- Gómez-Plaza, E., Gil-Muñoz, R., López-Roca, J. M., De La Hera-Orts, M. L., & Martínez-Cultíllas, A. (2000). Effect of the addition of bentonite and polyvinylpyrrolidone on the colour and long-term stability of red wines. *Journal of Wine Research*, 11(3), 223–231. <https://doi.org/10.1080/713684236>
- Gonzalez-neves, G., Franco, J., Ferrer, M., Moutounet, M., & Carbonneau, A. (2007). Predicción de la composición fenólica y el color de los vinos tintos de acuerdo con el potencial polifenólico de la uva. XXXth OIV World Congress, July, 10–16.
- Guyot, S., Cheynier, V., Souquet, J. M., & Moutounet, M. (1995). Influence of pH on the Enzymatic Oxidation of (+)-Catechin in Model Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(9), 2458–2462. <https://doi.org/10.1021/jf00057a027>
- Hernanz, D., Gallo, V., Recamales, Á. F., Meléndez-Martínez, A. J., González-Miret, M. L., & Heredia, F. J. (2009). Effect of storage on the phenolic content, volatile composition and colour of white wines from the varieties Zalema and Colombard. *Food Chemistry*, 113(2), 530–537. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.096>
- Icontec. (2015). Norma Técnica Colombiana NTC 440 - Productos alimenticios. Métodos de ensayo.
- Jagtap, U. B., & Bapat, V. A. (2015). Wines from fruits other than grapes: Current status and future prospectus. *Food Bioscience*, 9, 80–96. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2014.12.002>
- Jiménez Ochoa, J. P., Otálora Palmezano, E., & Amorocho-Cruz, C. M. (2018). Evaluación de la fermentación alcohólica del mosto de uva Isabella (*Vitis labrusca*). *Ingeniería y Región*, 20, 2–8. <https://doi.org/10.25054/22161325.1911>
- Marinho, A., De macedo, J., & Dantas, M. (2009). Aline viana marinho, janaína pereira de macedo rodrigues, maria isabel dantas de siqueira. *Estudos*, 36, 75–93.
- Main, G. L., & Morris, J. R. (1991). Color of Riesling and Vidal wines as affected by bentonite, Cufex®, and sulfur dioxide juice treatments. *American journal of enology and viticulture*, 42(4), 354-357.
- Mateo, J. J., & Jiménez, M. (2000). Monoterpenes in grape juice and wines. *Journal of Chromatography A*, 881(1–2), 557–567. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(99\)01342-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(99)01342-4)
- Mena, P., Gironés-Vilaplana, A., Martí, N., & García-Viguera, C. (2012). Pomegranate varietal wines: Phytochemical composition and quality parameters. *Food Chemistry*, 133(1), 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.079>
- Moreno-Arribas, M. V., & Polo, M. C. (2005). Winemaking biochemistry and microbiology: Current knowledge and future trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(4), 265–286. <https://doi.org/10.1080/10408690490478118>

- Mundaragi, A., & Thangadurai, D. (2017). Process optimization, physicochemical characterization and antioxidant potential of novel wine from an underutilized fruit carissa spinarum l. (apocynaceae). *Food Science and Technology*, 38(3), 428–433. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.06417>
- Oviedo Arbeláez, M., Lozano Vera, J., & Amorocho Cruz, C. M. (2018). Caracterización fisicoquímica y microbiológica del vino de mora (*Rubus glaucus* Benth), El Hobo (Huila). *Dyna*, 85(207), 107–112. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n207.72957>
- Park, Y. C., Shaffer, C. E. H., & Bennett, G. N. (2009). Microbial formation of esters. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(1), 13–25. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2170-x>
- Parra Peñalosa, O. J., & Cancino Escalante, G. O. (2019). Evaluation of induction of somatic embryogenesis from cotyledonary leaves of Banana Passion fruit (*Passiflora mollissima*) L.H Bailey. *Respuestas*, 24(3), 31–38. <https://doi.org/10.22463/0122820x.1847>
- Peña, A. (2006). El color de los vinos. *Vendimia*, 24–26.
- Preston, N. W., & Timberlake, C. F. (1981). Separation of anthocyanin chalcones by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 214(2), 222–228. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(00\)98528-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(00)98528-5)
- Regodón Mateos, J. A., Pérez-Nevado, F., & Ramírez Fernández, M. (2006). Influence of *Saccharomyces cerevisiae* yeast strain on the major volatile compounds of wine. *Enzyme and Microbial Technology*, 40(1), 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2005.10.048>
- Reina, C. E. (1995). Manejo postcosecha y evaluación de la calidad en curuba (*Passiflora Molissima*) que se comercializa en la ciudad de Neiva.
- Riego, M. M. (1993). Comportamiento de la fracción de polifenoles durante la vinificación de variedades tintas de v. Vinífera cabernet, sauvignon y tempranillo y de la variedad blanca p. Ximenez cultivadas en el marco de montilla-moriles (Doctoral dissertation, Universidad de Córdoba).
- Ribereau-Gayon, P. (1977). Problemas y soluciones en la evaluación del color de los vinos tintos.
- Rodríguez Nogales, J. M. (2017). Estrategias biotecnológicas para mejorar la gestión de la fermentación maloláctica en vinos. *II JICITA*, 65, 27–31.
- Rojano, B. A., Zapata Acosta, K., & Cortes Correa, F. (2012). Capacidad atrapadora de radicales libres de *Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. (Curuba). *Journal of Biomechanical Engineering*, 17(4), 408–419.
- Simirgiotis, M. J., Schmeda-Hirschmann, G., Bórquez, J., & Kennelly, E. J. (2013). The *Passiflora tripartita* (banana passion) fruit: A source of bioactive flavonoid C-glycosides isolated by HSCCC and characterized by HPLC-DAD-ESI/MS/MS. *Molecules*, 18(2), 1672–1692. <https://doi.org/10.3390/molecules18021672>
- Somers, T. C. (1980) Pigment phenomena. From grapes to wine. Presented at Centennial Grape Symposium, University of California, Davis, pp. 254±257.
- Styger, G., Prior, B., & Bauer, F. F. (2011). Wine flavor and aroma. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 38(9), 1145–1159. <https://doi.org/10.1007/s10295-011-1018-4>

- Swami, S. B., Thakor, N. J., & Divate, A. D. (2014). Fruit Wine Production: A Review . Journal of Food Research and Technology, 2(3), 93–100. [www.jakraya.com/journal/jfrt](http://www.jakraya.com/journal/jfrt)
- VenuGopal, K. S., Cherita, C., & Anu-Appaiah, K. A. (2018). Augmentation of chemical and organoleptic properties in *Syzygium cumini* wine by incorporation of grape seeds during vinification. Food Chemistry, 242(June 2017), 98–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.029>
- Vivas, N., Vivas De Gaujelac, N., & Nonier, M. F. (2004). Implications technologiques de la valeur du pH dans l'élevage et la conservation des vins rouges. Revue des oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques: magazine trimestriel d'information professionnelle, 31(110), 12-16.
- Wei, J., Zhang, Y., Yuan, Y., Dai, L., & Yue, T. (2019a). Characteristic fruit wine production via reciprocal selection of juice and non-Saccharomyces species. Food Microbiology, 79, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.11.008>
- Wei, J., Zhang, Y., Yuan, Y., Dai, L., & Yue, T. (2019b). Characteristic fruit wine production via reciprocal selection of juice and non-Saccharomyces species. Food Microbiology, 79(November 2018), 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.11.008>

La Revista Ingeniería y Región cuenta con la Licencia  
Creative Commons Atribución (BY), No Comercial (NC) y Compartir Igual (SA)

