

Caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de vino de curuba (*Passiflora mollissima* var. *Bailey*)*

Physicochemical, microbiological and sensory characterization of curuba wine (*Passiflora mollissima* var. *Bailey*)

AMOROCHO-CRUZ, CLAUDIA-MILENA¹; SOTO-MORA, JUAN-EDUARDO²; CHARRY-ROA, SEBASTIAN³

Historial del artículo

Recibido para evaluación: 8 de Julio 2020

Aprobado para publicación: 9 de marzo 2022

* Proyecto de investigación de origen: "Caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de vino de curuba (*Passiflora mollissima* var. *Bailey*)". Financiación: Universidad Surcolombiana. Finalización: febrero 17 de 2020.

- 1 Universidad Surcolombiana, Facultad de ingeniería, Grupo de investigación AGROINDUSTRIA USCO. Ph.D. Biotecnología. Neiva, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3986-5768>
- 2 Universidad Surcolombiana, Facultad de ingeniería, Grupo de investigación AGROINDUSTRIA USCO. Maestrando Ciência dos Alimentos. Lavras, Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-5079-7968>
- 3 Universidad Surcolombiana, Facultad de ingeniería, Grupo de investigación AGROINDUSTRIA USCO. Ingeniero Agrícola. Neiva, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-6471-3913>

Correspondencia: juan.mora@estudiante.ufla.br

Cómo citar este artículo: AMOROCHO-CRUZ, CLAUDIA-MILENA; SOTO-MORA, JUAN-EDUARDO; CHARRY-ROA, SEBASTIAN. Caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de vino de curuba (*Passiflora mollissima* var. *Bailey*). Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, v. 20, n. 2, 2022, p. 45-59. Doi: <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n2.2022.1562>

RESUMEN

La industria de bebidas alcohólicas ha crecido exponencialmente en cuanto a la elaboración de productos con contenido de alcohol de forma artesanal. Así, se propone implementar una alternativa de producción agroindustrial mediante la elaboración de vino de frutas a base de curuba (*Passiflora mollissima*) usando una cepa de levadura *Saccharomyces Cerevisiae* (Var. Bayanus). Se desarrollaron tres fases, la primera consistió en la obtención y fermentación de la pulpa de curuba; la segunda fase comprendió la caracterización fisicoquímica y microbiológica, evaluando parámetros como pH, titulación ácido-base, sólidos solubles, color, viscosidad, conteo de levaduras mediante la siembra en profundidad en agar YGC y recuento de BAL en agar MRS para verificar la fermentación maloláctica; finalmente, se realizó el análisis sensorial a través de un análisis cuantitativo descriptivo (QDA) en solitario y maridado. El resultado obtenido fue una bebida con un pH de $3,14 \pm 0,02$, una viscosidad de $2,31 \pm 0,02$ cP, contenido de sólidos solubles de $7,65 \pm 0,07$ °Brix y un contenido de alcohol de $12,91 \pm 0,19$ v/v. De esta manera, el estudio demuestra que la curuba tiene un alto potencial biotecnológico en la elaboración de bebidas fermentadas, ofreciendo una alternativa adicional para la elaboración y comercialización de nuevos productos en el departamento del Huila (Colombia).

ABSTRACT

The alcoholic beverage industry has grown exponentially in terms of the production of alcohol-containing products in an artisanal manner. Thus, it is proposed to implement an agroindustrial production alternative by making fruit wine from curuba (*Passiflora mollissima*) using a *Saccharomyces Cerevisiae* (Var. Bayanus) yeast strain. Three phases were developed; the first consisted of obtaining and fermenting the curuba pulp; the second phase included physicochemical and microbiological characterization, evaluating parameters such as pH, acid-base titration, soluble solids, color, viscosity, yeast count by deep seeding on YGC agar and LAB count on MRS agar to verify malolactic fermentation; finally, sensory analysis was performed through a quantitative descriptive analysis (QDA) in solitary and paired. The result obtained was a beverage with a pH of $3,14 \pm 0,02$, a viscosity of $2,31 \pm 0,02$ cP, soluble solids content of $7,65 \pm 0,07$ °Brix and an alcohol content of $12,91 \pm 0,19$ v/v. Thus, the study demonstrates that curuba has a high biotechnological potential in the elaboration of fermented beverages, offering an additional alternative for the elaboration and commercialization of new products in the department of Huila (Colombia).

PALABRAS CLAVE:

Saccharomyces cerevisiae var. Bayanus; Fermentación alcohólica; Bebida fermentada; CIELab; Viscosidad; Fermentación maloláctica; QDA; Vino de frutas; Curuba; Reología.

KEYWORDS:

Saccharomyces cerevisiae var. Bayanus; Alcoholic fermentation; Fermented beverage; CIELab; Viscosity; Malolactic fermentation; QDA; Fruit wine; Curuba; Rheology.

INTRODUCCIÓN

La curuba es una fruta tropical originaria de la zona andina del continente americano (Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia). En Colombia, se cultiva en los departamentos de Boyacá, Antioquia, Norte de Santander, Huila, Cundinamarca, entre otros. Crece en alturas entre 1.800 y 3.000 msnm (Clima frío) bajo temperaturas que oscilan entre los 13 y 16 °C, con una humedad relativa del 70 al 75% (Parra y Cancino, 2019). Es una fruta que cuenta con gran potencial nutricional encontrando un alto contenido de calorías, agua, micronutrientes (Vitamina C, A y Riboflavina), minerales (Potasio, Fosforo, Magnesio, Sodio, Cloro, Hierro), compuestos fenólicos (Flavonoides, Carotenoides), carbohidratos, ácido ascórbico, niacina y agentes antioxidantes (García *et al.*, 2017). De acuerdo con la Encuesta de Situación Nutricional en Colombia (ENSIN, 2015), no es una de las frutas de mayor consumo por la población colombiana.

La curuba posee compuestos volátiles como alcanos, alquenos, aldehídos, quetonas, alcoholes, lactonas y ésteres (Neri *et al.*, 2018; Sepúlveda *et al.*, 2018). Posee un alto contenido de fenoles, polifenoles, flavonoides, carotenoides, alcaloides, saponinas, triterpenoides y proteínas con gran capacidad para captar radicales libres (Troya *et al.*, 2018). 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 and Thangadurai, 2017). La curuba es altamente perecedera y se debe almacenar a una temperatura de 4 a 8 °C, con una humedad relativa del 80 a 90% y las pérdidas de la fruta ocurren por diferentes causas como daños por plagas y enfermedades, maduración excesiva, manipulación, empaque y transporte (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012), que hacen que el productor decida mudar su cultivo por otro con menos riesgos y mayores rentas.

El cultivo de curuba en el departamento del Huila (Colombia) ha crecido en los últimos 5 años, pasando de 96 ha en 2015 a 131 ha en 2019. Estos valores han ido disminuyendo debido a la baja demanda de la fruta en el mercado colombiano pasando de producir 19.319 toneladas en 2015 a producir 18.398 en 2019 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). Factores como el poco desarrollo en el eslabón industrial de transformación de frutas frescas a escala comercial y poca asistencia técnica en la implementación de paquetes tecnológicos, hacen que la producción de curuba haya disminuido a través del tiempo (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).

La curuba es una fruta con un alto valor nutricional, clasificada para consumo humano por la NTC 1262, tradicionalmente consumida en la ingesta principalmente en fresco, jugos, sorbetes en leche y mermeladas caseras (Mayorga *et al.*, 2020). No se encuentran registros de investigaciones realizadas en Colombia sobre elaboración de vinos a base de esta fruta, y a nivel internacional se encontraron registros en Perú, por lo que, desarrollar este estudio es completamente viable. El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, 2000; Ministerio de Salud, 2012) define como “vino de fruta” a la bebida proveniente de mostos de fruta distinta de la uva, sometida a la fermentación alcohólica y que ha sufrido un proceso semejante a los exigidos para los vinos. El uso de levaduras en los procesos de obtención de bebidas alcohólicas es frecuente (Herrera *et al.*, 2019), comúnmente algunas pertenecientes al género *Saccharomyces*.

La finalidad de producir vino de curuba radica en el aumento considerable en el consumo de vinos que se ha evidenciado en Colombia. Algunos grupos empresariales han promovido la cultura del vino a través de ferias o catas de vinos como el caso de Expovinos. Según cifras de la revista Dinero, en los últimos años el consumo del vino ha presentado un incremento del 7 % anual: entre 2011 y 2016, el mercado del vino en Colombia creció un 46 % en términos de consumo, de 16,8 millones de litros anuales en 2011 se consumieron 24,6 millones de litros anuales para el 2016, catalogando el vino como la segunda bebida más consumida por los colombianos, después de la cerveza.

Esta investigación plantea como alternativa biotecnológica, elaborar un vino de frutas a base de curuba (*Passiflora mollissima*) usando una cepa de *Saccharomyces Cerevisiae* (Var. Bayanus). El objetivo fue caracterizar físicoquímica y microbiológicamente la bebida fermentada obtenida, a su vez, dentro del análisis microbiológico, se evaluó el desarrollo de la fermentación alcohólica, verificando la viabilidad de bacterias lácticas en botella producto de una segunda fermentación. Por último, se llevó a cabo un análisis cuantitativo descriptivo (QDA) para la bebida fermentada obtenida, en solitario y maridada.

MÉTODO

Localización geográfica

El proyecto se desarrolló en la Universidad Surcolombiana (Colombia, Huila, Neiva), en los laboratorios de Microbiología, Bromatología y Análisis Sensorial de la facultad de Ingeniería. El vino se elaboró en el laboratorio de bromatología con una humedad relativa promedio de 51 % y una temperatura ambiente promedio de 28,6 °C.

Obtención de la materia prima

La curuba fue obtenida en un supermercado de la ciudad de Neiva (Huila, Colombia). En total se compraron 25,325 kg, de los cuales se extrajeron 11,575 kg de pulpa de curuba y 13,750 kg de residuos (Cáscara y semilla).

Preparación del vino de curuba y fermentación de la materia prima

Se usaron dos tanques fermentadores en acero inoxidable con capacidad de 10 L cada uno, sellados herméticamente. Se obtuvieron 10 L de pulpa los cuales se mezclaron con 10 L de agua (Cristal, Colombia) para equilibrar la consistencia. La pulpa de fruta fue inoculada con 4 g de la cepa *Saccharomyces Cerevisiae* (Var. Bayanus) (Erbsloh, Oenoferm Freddo, Alemania) específica para vinos blancos más 4 g de un nutriente (Erbsloh, VitaDrive F3 ®, Alemania) para la rehidratación de las levaduras.

Clarificación. Se trasvasó el contenido de cada tanque de vino a tanques plásticos previamente esterilizados. Se usaron 4,5 g de bentonita de grado alimentario (Fossil, Power2, USA) por tanque para el proceso de clarificación.

Filtrado, embotellado y almacenamiento. La bebida fermentada fue filtrada con un liencillo esterilizado previamente. Se usaron botellas traslucidas y de color ámbar con un volumen de 750 mL, previamente esterilizadas en autoclave a 121 °C. Se sellaron con corchos cilíndricos y alargados tradicionales de alcornoque. Las botellas se almacenaron en posición horizontal, ligeramente inclinadas, de forma que el líquido estuviera en contacto con el corcho, creando así un espacio hermético.

Maduración en botella. El vino se dejó madurar por un período de 226 días, en un lugar con baja incidencia de luz, a temperaturas entre 18 y 20 °C.

Caracterización Físicoquímica

Potencial de Hidrogeniones (pH). Se determinó usando el procedimiento establecido en la NTC de 2015 (ICONTEC, 2015), en un potenciómetro digital (Transinstruments Bp 3001, Singapur) previamente calibrado.

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).

Solidos solubles (°Brix). Se determinó según el método oficial adaptado de la AOAC 932.12 (AOAC, 1990) y a lo establecido por Boulton *et al.* (1996) y López *et al.* (2018), usando un refractómetro digital (Atago, Pr-201 Alpha, USA). Se ajustaron a 21 °Brix por medio de la adición de 2,1 kg de azúcar blanca (Manuelita, Colombia) a cada tanque, cantidad calculada mediante el método del cuadrado de Pearson (Jiménez *et al.*, 2018).

Color. Fue medido usando un colorímetro (Konica Minolta, Cr-410, Japón) mediante el sistema CIELab en coordenadas $L^*a^*b^*$. Los parámetros de c^* (Chroma) (Ecuación 1), H^* (tono) (Ecuación 2) y la diferencia de color ΔE (Ecuación 3) se calcularon en función de coordenadas cromáticas a^* y b^* (Oviedo *et al.*, 2018).

$$c^* = \{(a^*)^2 + (b^*)^2\}^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$H^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (\text{Ec. 2})$$

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

Viscosidad. Se determinó con un reómetro (Brookfield, Ametek Dv2t Extra, USA) mediante la aplicación de fuerzas externas rotatorias y cizallamiento.

Contenido y porcentaje de alcohol. Se determinó por medio de destilación directa de acuerdo con lo descrito en el manual de métodos analíticos para el control de calidad de bebidas alcohólicas GTC-4 (ICONTEC, 1994) y el grado de alcohol se determinó mediante la ecuación de Gay Lussac (°GL) (Ecuación 4).

Ecuación de Gay Lussac:

$$^{\circ}\text{GL} = \frac{\text{Volumen de alcohol} * 100}{\text{Volumen del vino}} \quad (\text{Ec. 4})$$

Caracterización microbiológica

Se observó la presencia de levaduras a través de la siembra en profundidad en el medio selectivo para levaduras Chloramphenicol Agar (Conda Pronadisa, YGC Agar ISO 954, España) por duplicado. Se realizaron diluciones seriadas en agua de peptona (Merck Kгаа, Agua De Peptona Tamponada ISO 6579, Alemania);

las placas se incubaron a 30 °C durante 48 horas; se hizo el conteo en placa y finalmente se desarrolló la curva de crecimiento de la levadura. Después del tiempo de maduración en botella, se realizó la siembra en profundidad en Agar MRS (Conda Pronadisa, Mrs Broth, España) por duplicado. Finalmente, se evaluó la presencia y morfología de las Bacterias Ácido Lácticas (BAL) por Tinción Gram.

Análisis sensorial

Se realizó un test QDA, ajustando la metodología establecida por Palermo (2015), a las necesidades de la investigación. Un panel de 30 consumidores habituales no entrenados, se encargó de evaluar la apariencia, aroma, color y sabor usando los siguientes atributos: color, limpidez, apariencia, aroma, dulzor, acidez, astringencia, grado de alcohol, persistencia e impresión general, usando una escala hedónica de 5 puntos (1: No me gusta mucho; 2: No me gusta; 3: Me agrada; 4: Me gusta, 5: Me gusta mucho) para indicar la intensidad de los atributos señalados. Los consumidores analizaron la bebida en solitario y maridada con 7 alimentos: queso holandés madurado en tres meses, queso holandés ahumado, pepinillos, aceitunas, carne de cerdo ahumada, frutos secos y lychees. Los resultados obtenidos se presentaron en un gráfico de araña. A su vez, los datos se evaluaron a través del análisis de componentes principales (PCA) y análisis de componentes jerárquicos (HCA).

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. con un nivel de significancia de 0,05 ($p < 0,05$). Para el PCA y HCA se utilizó el software estadístico versión libre GNU Octave versión 5.2.0.

RESULTADOS

Caracterización fisicoquímica y microbiológica

En el cuadro 2 aparecen los datos obtenidos del promedio de cada parámetro evaluado. Oré *et al.* (2019), determinó que el pH y los sólidos solubles están inversamente relacionados, dentro de la maduración y FML del medio y, a mayor tiempo de fermentación, disminuyen los sólidos solubles e inversamente está relacionado con el grado alcohólico que se incrementa dependiendo de la cantidad de azúcares disponibles para ser fermentados. Se comprobó que a medida que los sólidos solubles van disminuyendo debido a la transformación de azúcares, ácido málico y otros ácidos orgánicos en gas carbónico y ácido láctico en el medio, por acción de las levaduras, el pH va aumentando debido a que durante el período de fermentación existe una menor concentración de CO₂ libre. Se encontró que autores como Corcino *et al.* (2014), Oviedo *et al.* (2018) y Jiménez *et al.* (2018) obtuvieron valores de 12,3, 6,93 y 11,35 °Brix respectivamente, siendo el más cercano a esta investigación el obtenido por Oviedo *et al.* (2018) en la elaboración de vino de mora.

Cuadro 2. Análisis estadístico de la caracterización fisicoquímica y microbiológica de vino de curuba.

Fase	Tiempo (días)	pH	Acidez (%)	Sólidos solubles (°Brix)	Viscosidad (cP)	Levadura (Log ₁₀)
Fermentación alcohólica (0-14) días	0	2,62±0,03 ^a	0,79±0,01 ^a	20,85±0,21 ^a	6,94±1,00 ^a	2,97±0,69 ^a
	1	3,20±0,01 ^b	0,92±0,09 ^b	21,65±0,07 ^a	9,87±2,50 ^b	3,65±0,08 ^b
	3	3,25±0,01 ^{bc}	0,83±0,01 ^{bc}	21,90±0,14 ^b	10,24±0,06 ^{bc}	5,32±0,38 ^{bc}
	4	3,28±0,07 ^{bc}	0,82±0,01 ^{bc}	21,65±0,21 ^c	11,37±1,65 ^c	4,42±0,59 ^{cd}
	7	3,22±0,00 ^{cd}	0,87±0,06 ^{bcd}	9,6±0,42 ^{cd}	12,02±1,58 ^{cd}	7,39±0,41 ^d
	12	3,36±0,08 ^{cde}	0,88±0,01 ^{cd}	7,40±0,14 ^{de}	12,81±0,86 ^{cd}	6,38±0,23 ^e
	14	3,33±0,03 ^{de}	0,94±0,01 ^d	7,45±0,21 ^{de}	13,47±0,37 ^{cd}	6,28±0,33 ^e
Embotellamiento y maduración del vino (15 - 226) días	226	3,14±0,02 ^e	0,16±0,00 ^d	7,65±0,07 ^e	2,31±0,02 ^d	0,00±0,00 ^f

Promedio ± desviación estándar para n=16. Columnas con letras diferentes expresan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05).

Según Jiménez *et al.* (2018), la desventaja de usar bentonita como agente clarificante es la disminución de acidez y el aumento del pH en el vino. Ahora bien, Carrión *et al.* (2018) encontró que, mediante intercambio iónico, las especies básicas del vino que entran en contacto con la bentonita quedan retenidas en los espacios intercrystalinos propios de la estructura molecular de la misma, por lo que, al utilizar mayor cantidad de bentonita, la concentración de estas especies decrece, lo que genera que el pH del vino disminuya. El efecto de la bentonita tuvo relación con los dos estudios mencionados, observando que desde el día 14 hasta el 226 hubo una reducción considerable en el porcentaje de acidez del vino y para el mismo periodo de tiempo el pH disminuyó (Carrión *et al.*, 2018), que se puede atribuir a una posible oxidación fenólica generada por la degradación de las antocianinas presentes en la curuba (Simó *et al.*, 2017). Finalmente, autores como Pájaro *et al.* (2018), Čakar *et al.* (2019), Wei *et al.* (2019) y Martínez *et al.*, (2019), obtuvieron valores de pH del vino madurado de 3,72, 3,53, 3,07 y 3,78 respectivamente, valores muy cercanos al 3,14 obtenido en esta investigación.

La disminución en los sólidos solubles se debe a la transformación de azúcares solubles a etanol y CO₂ (Dias *et al.*, 2017). La concentración inicial de azúcar en el extracto es importante, ya que influirá en la producción de CO₂, etanol y en la velocidad del proceso. Durante la fase de fermentación alcohólica la levadura establece un ciclo de vida relacionado con la cantidad de azúcares presentes. Se observa que en la etapa inicial comprendida entre los días 0 al 4 el crecimiento fue leve, para los días 4 al 7 se observa un incremento considerable y en la etapa final comprendida en los días 7 al 14 las levaduras llegan al máximo de su vida útil por lo que la fermentación alcohólica se detiene debido a que los azúcares en el medio son mínimos o, a que han sido inactivados por concentración de alcohol presente.

Se realizaron pruebas con reómetro durante todas las fases de fermentación, observando aumento en la viscosidad a través del tiempo, de la mano de la cinética microbiana, ya que la población de levaduras aumenta en el medio haciéndolo más pesado. La diferencia más notable es al día 226 donde hay una reducción en la viscosidad, generada por la eliminación de los sedimentos asentados al fondo de la botella, los cuales fueron retirados en tres ocasiones.

Control de comportamiento del color durante el proceso de fermentación

Los resultados del color se presentan en el cuadro 3 donde se puede observar que el comportamiento de la luminosidad fue constante, evidenciando una disminución considerable en el día 226, tornándose el vino más oscuro. Según Čakar *et al.* (2019), la adición de azúcar a la mezcla de pulpa para aumentar los sólidos solubles, conlleva a su vez a un aumento significativo en el contenido de compuestos fenólicos. Los compuestos fenóli-

cos se clasifican en diferentes grupos, entre los cuales las antocianinas y los flavonoides son los que tienen mayor influencia sobre el color, su evolución y otras características organolépticas (Dolores *et al.*, 2018), aunque la curuba es una fruta con un alto contenido de agentes antioxidantes naturales que pudieron contribuir a una posible oxidación masiva en el color del vino.

Cuadro 3. Análisis estadístico en la caracterización del color del vino de curuba.

Fase	Tiempo (días)	L*	a*	b*	ΔE	C*	H
Fermentación alcohólica (0-14) días	0	37,21±0,16 ^a	6,80±0,03 ^a	11,31±0,18 ^a	17,97±0,11 ^a	13,20±0,16 ^a	1,03±0,00 ^a
	1	37,10±0,00 ^b	7,27±0,20 ^a	11,55±0,23 ^b	17,67±0,021 ^{ab}	13,65±0,08 ^b	1,01±0,02 ^b
	3	37,00±0,12 ^{bc}	7,18±0,15 ^{ab}	11,40±0,18 ^{bc}	17,82±0,18 ^{abc}	13,47±0,23 ^b	1,01±0,00 ^b
	4	36,51±0,07 ^{bc}	7,10±0,17 ^{ab}	11,09±0,02 ^{bc}	18,08±0,03 ^{bc}	13,17±0,11 ^b	1,00±0,01 ^{bc}
	7	36,87±0,08 ^{bc}	6,57±0,30 ^{bc}	11,19±0,11 ^{bc}	18,08±0,14 ^{bc}	12,97±0,24 ^{bc}	1,04±0,01 ^{bcd}
	12	37,36±0,22 ^{bc}	6,23±0,02 ^{cd}	11,16±0,22 ^{bc}	18,21±0,18 ^{bc}	12,78±0,18 ^{bcd}	1,06±0,01 ^{cd}
	14	37,02±0,64 ^c	6,39±0,04 ^{cd}	11,21±0,32 ^{bc}	18,11±0,23 ^c	12,90±0,26 ^{cd}	1,05±0,01 ^d
	Embotellamiento y maduración del vino (15 - 226) días	226	25,58±0,17 ^c	6,42±0,25 ^d	0,88±0,14 ^c	29,77±0,10 ^d	6,48±0,27 ^d

Promedio ± desviación estándar para n=16. Columnas con letras diferentes expresan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Las antocianinas y taninos son los que dan el color del vino: las antocianinas son pigmentos naturales que pueden ser rojos, violeta y azules, además de ser los responsables de sabores amargos, astringentes, dar cuerpo y determinar la capacidad de envejecimiento del vino (Oviedo *et al.*, 2018). Adicional a esto, Arriola and Tapia (2017), encontraron que estos compuestos tienden a blanquearse por la acción de diversos agentes u operaciones químicas como la oxidación o la reducción redox. Otros aspectos como el tipo de clarificante, el color de las botellas, la exposición a fuentes de luz constante (natural o artificial) y la temperatura de almacenamiento pueden afectar el color y sabor del vino. Carrión *et al.*, (2018) encontró que la bentonita absorbe enzimas causantes de la degradación del color en los vinos, por lo que, al aplicar diferentes niveles de bentonita, cambia la tonalidad del producto, siendo este cambio imperceptible al ojo humano.

Se observó una reducción en el parámetro a* para los días 7 a 226, indicando que estos parámetros tienden a ubicarse dentro de un espacio de color rojo verdoso. Según Wei *et al.* (2019), valores bajos en L* y fluctuaciones en a* pueden ser explicados por variaciones del pH en los vinos, afectando considerablemente su color. Las coordenadas en b* mostraron un comportamiento estable con diferencias significativas, indicando una tonalidad amarilla-anaranjada. Los valores de la media de croma y tono obtenido al final fueron 6,48±0,27 y 0,14±0,02 respectivamente, los cuales fueron disminuyendo notoriamente.

De acuerdo con Terrades *et al.* (2019), los valores de croma cercanos o superiores a 50 indican colores vívidos. Para este estudio se observa que estos se encuentran por debajo, indicando que la tonalidad es opaca y muy cercana al rojo. El valor de ΔE obtenido se comparó con lo estudiado por Nikolaou *et al.* (2019), encontrando que los valores que se sitúan por encima de 2,7 y 3,5 hacen que el vino presente características cromáticas diferentes al de referencia usado por el mismo siendo más perceptibles por el ojo humano.

Clarificación

Durante esta etapa existe una separación de fases, donde inicialmente se separó el líquido fermentado de los residuos de fruta, proteínas y levaduras que se precipitaron en el fondo del recipiente. Al cuarto día de haber aplicado la bentonita, se retiró el sedimento producido y se procedió a embotellar, siendo necesario realizar un segundo trasvasado al día 69 y un último al día 226, lo cual muestra que la dosis inicial de bentonita no fue la adecuada.

Determinación del porcentaje de alcohol

El resultado obtenido fue un vino con un porcentaje de alcohol del $12,91 \pm 0,19$ v/v. Autores como Granados *et al.* (2013), Čakar *et al.* (2019), Martínez *et al.* (2019) y Nikolaou *et al.*, (2019) encontraron porcentajes de alcohol de 9,91, 9,77, 9,5 y 11,3 v/v respectivamente, siendo el valor más cercano al obtenido en esta investigación el encontrado por Granados *et al.* (2013).

Morfología de las BAL

Debido a que no hubo presencia de levaduras al final de la maduración del vino, se asumió que durante este proceso se generó la FML, propiciando la proliferación de BAL tolerantes al medio fermentado. Según Carr *et al.* (2002), las BAL son ácidos tolerantes pudiendo crecer algunas a valores de pH tan bajos como 3,2, otras a valores tan altos como 9,6 y la mayoría crece a pH entre 4 y 4,5, permitiéndoles sobrevivir naturalmente en medios donde otras bacterias no resistirían la aumentada actividad producida por los ácidos orgánicos. El pH medio final del vino fue de 3,14, bastante bajo, pero no tan alejado de los valores que menciona en su estudio, argumento que favorece la posible presencia de BAL en la bebida fermentada. El recuento de BAL tuvo valores medios de 97 UFC/mL, los cuales están por debajo de lo que documenta Bordons and Reguant (2013). Finalmente, se procedió a realizar la identificación morfológica de las BAL bajo observación en microscopio, encontrando presencia de BAL grampositivas que cuentan con formas redondeadas y agrupadas entre sí pudiéndose catalogar como cocos.

Análisis sensorial

Se graficó el promedio de los datos para la evaluación sensorial del vino de curuba y la impresión general del vino maridado con cada uno de los productos (figura 1).

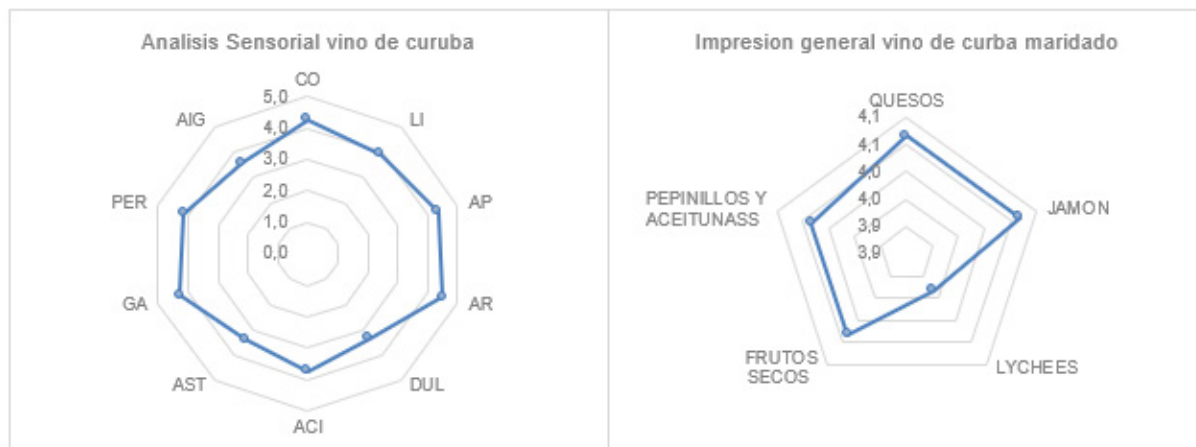


Figura 1. Izquierda: Promedio de la evaluación sensorial del vino de curuba; derecha: Impresión general del vino de curuba maridado con cada uno de los productos seleccionados. Siglas: CO: Color, LI: Limpidez, AP: Apariencia, AR: Aroma, DUL: Dulzor, ACI: Acidez, AST: Astringencia, GA: Grado de alcohol, PER: Persistencia y AIG: Armonía/Impresión general.

El atributo mejor valorado en el análisis sensorial fue el aroma, seguido por la apariencia y el grado de alcohol (figura 1). La bebida fue visualmente agradable, con aromas característicos de la fruta utilizada y un sabor en boca fuerte y fugaz al paladar. La baja calificación en cuanto a astringencia y dulzor fue a causa del punto de maduración de la fruta, la cual se encontraba en un estado verde produciendo sabores manchosos y astringentes. La impresión general fue un vino seco, con notas astringentes y manchosas fugaces, algo agradables para la

mayoría de los evaluadores. En la figura 2 se puede apreciar que el dendograma conglo mera color y apariencia, dos atributos visuales con un impacto relevante para la calificación de los evaluadores, encontrando que los consumidores prefieren bebidas claras y límpidas con colores tenues. El grado de alcohol y aroma, son dos variables que tienen relación dado que el grado de alcohol es una variable fácilmente perceptible a través del sentido del olfato y, teniendo en cuenta el alto grado del alcohol del vino de curuba ($12,91 \pm 0,19$ v/v), se deduce que fue fácilmente perceptible por los consumidores. Otro conglomerado importante es la armonía/impresión general con la persistencia, deduciendo que los evaluadores prefieren vinos que perduren más en boca.

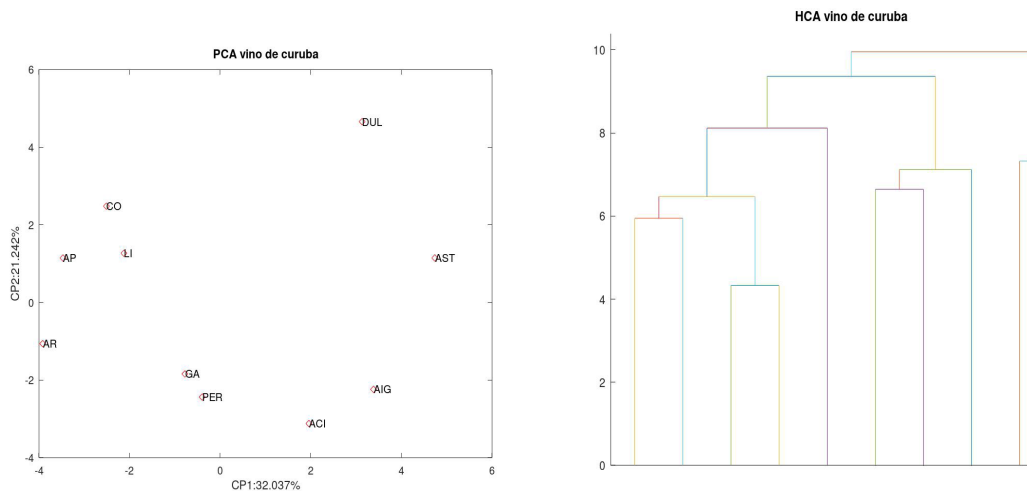
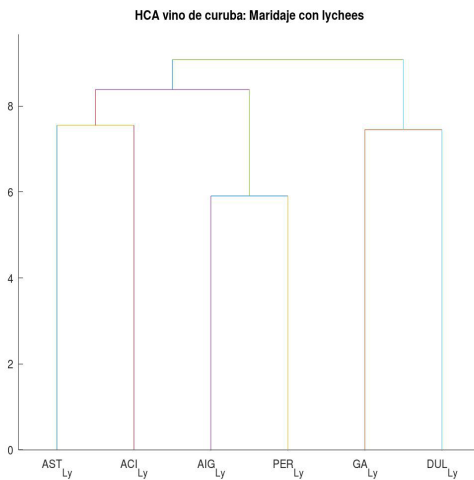
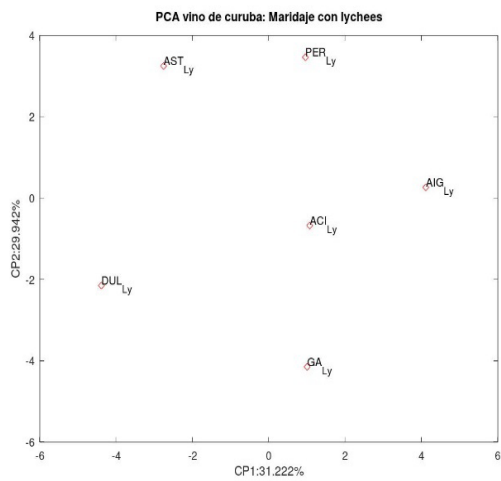
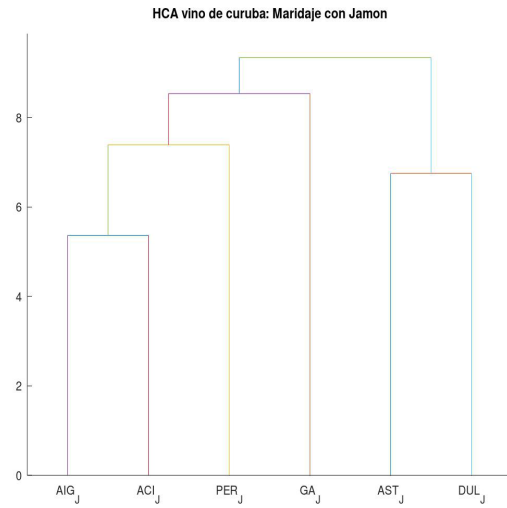
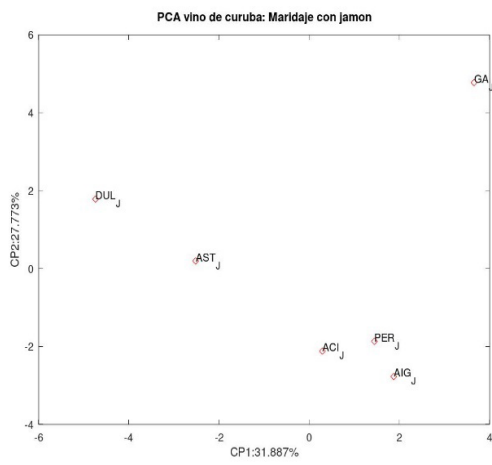
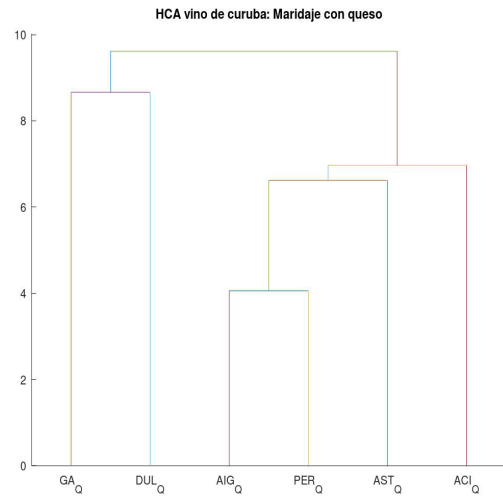
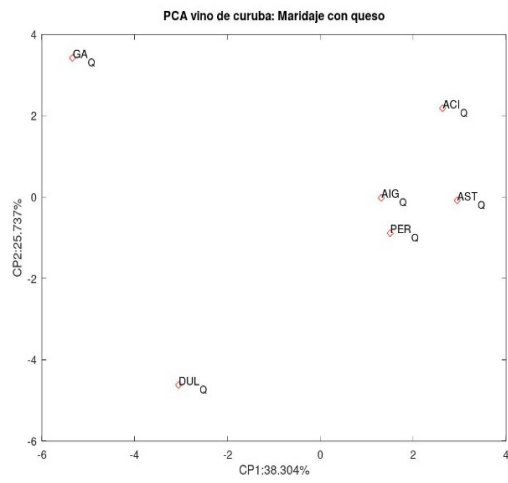


Figura 2. Izquierda: PCA en la evaluación sensorial del vino de curuba; derecha: HCA del análisis sensorial de vino de curuba.

Para el maridaje, los productos mejor evaluados fueron los quesos y el jamón con un puntaje igual de 4,1 predominando atributos como grado de alcohol, acidez y persistencia (figura 1, derecha). El producto con menor calificación fue los lychees con una impresión general de 3,9. El vino maridado con queso, tiende a conglomerar atributos como grado de alcohol y dulzor, aumentando su percepción sensorial y la aceptación por parte de los consumidores. Al maridar con jamón, se encontró una relación entre la impresión general y la acidez, así como, la astringencia y el dulzor. La acidez causa un gusto agrio o parecido al del vinagre y es uno de los componentes esenciales en el vino aportando una sensación de equilibrio y frescura. Al maridar el vino con el jamón, se potencializó la percepción de acidez al paladar, pudiéndose confundir con un patrón de astringencia, detectable pero no tan desagradable para los consumidores, teniendo en cuenta que la impresión general con este producto fue de las más altas en comparación con los otros alimentos. La percepción con los lychees, frutos secos, pepinillos y aceitunas, fue algo desequilibrada, observándose patrones de conglomerados muy similares.



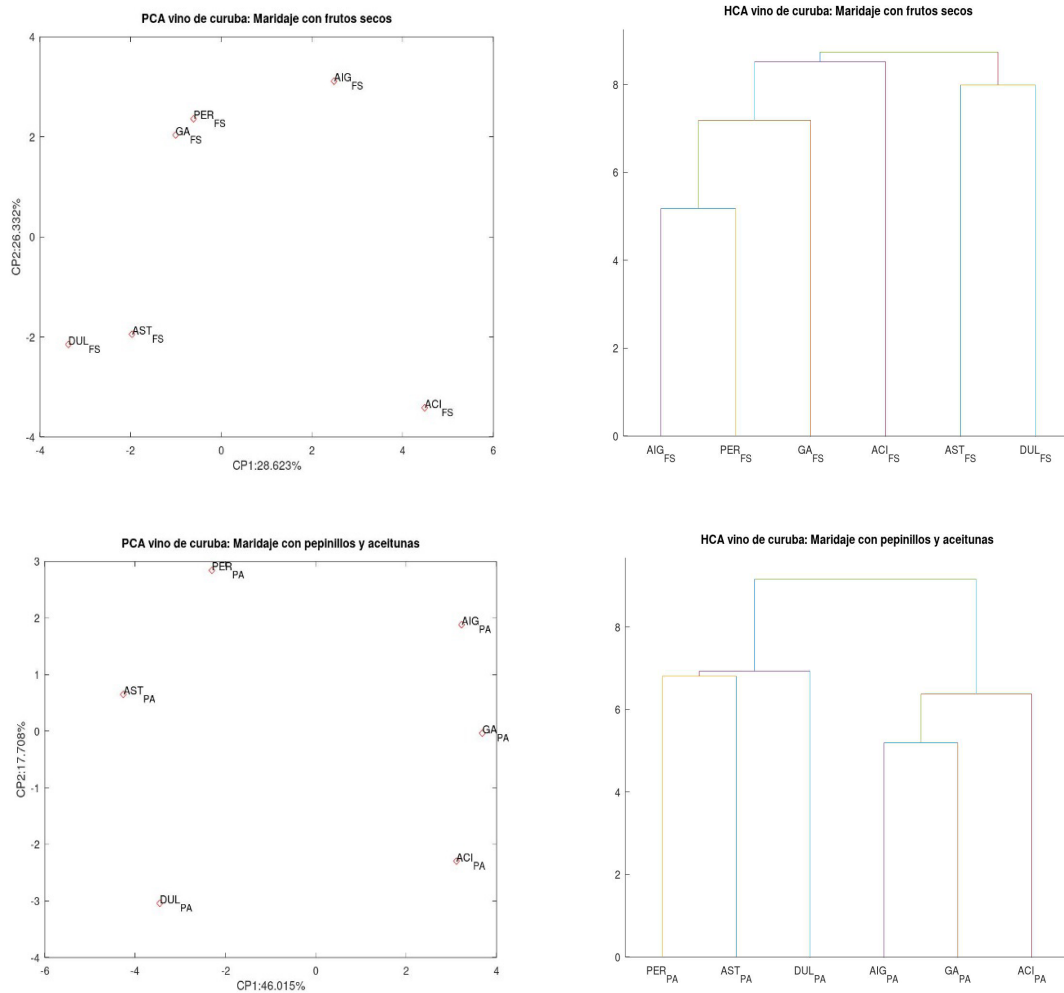


Figura 3. Izquierda: PCA en la evaluación sensorial del vino de curuba para el maridaje; derecha: HCA del análisis sensorial de vino de curuba para el maridaje.

CONCLUSIONES

El vino de curuba obtenido mediante fermentación usando cepa de levadura para vinos blanco *Saccharomyces Cerevisiae* (Var. bayanus) dio como resultado una bebida con un pH de $3,14 \pm 0,02$, una viscosidad de $2,31 \pm 0,02$ cP, un contenido de solidos solubles medido en $^{\circ}\text{Brix}$ de $7,65 \pm 0,07$ y un contenido de alcohol de $12,91 \pm 0,19$ v/v clasificándolo como un vino seco, según la NTC 708. Los parámetros medidos permitieron evaluar y estandarizar los procedimientos para la obtención del vino de curuba con el fin de garantizar una bebida con apariencia similar a la hora de reproducirla en diferentes ocasiones, a su vez permite que, en el desarrollo de futuras investigaciones, se puedan mejorar los atributos que no fueron agradables en la evaluación sensorial y maridaje.

REFERENCIAS

- ARRIOLA, AILEN; TAPIA, MARIA-LUISA. Análisis de oxidaciones controladas en mostos y vinos. [Tesis Diplomatura de Posgrado en Procesos Enológicos]. San Rafael (Argentina): Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, 2017, 109 p.
- UNITED STATES OF AMERICA. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (AOAC). AOAC 932.12: Official Method of Analysis Solids (Soluble) in Fruits and Fruit Products. Virginia (USA): 1990. 16a Edición.
- BORDONS, ALBERT; REGUANT, CRISTINA. Bioquímica de las bacterias lácticas del vino y la fermentación maloláctica. *ACE enología*, v. 18, n. 1, 2013, p.14–17.
- BOULTON, ROGER B.; SINGLETON, VERNON L.; BISSON, LINDA F; KUNKEE, RALPH E. Principles and Practices of Winemaking. 1 ed. New York (USA): Chapman & Hall, 1996, 616 p, ISBN 978-1-4419-5190-8. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6255-6>
- ČAKAR, UROŠ; PETROVIĆ, ALEKSANDAR; PEJIN, BORIS; ČAKAR, MIRA; ŽIVKOVIĆ, MARIJANA; VAJS, VLATKA.; ĐORĐEVIĆ, BRIŽITA. Fruit as a substrate for a wine: A case study of selected berry and drupe fruit wines. *Scientia Horticulturae*, v. 244, n. 1, 2019, p. 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.020>
- CARR, FRANK J; CHILL, DON; MAIDA, NINO. The lactic acid bacteria: A literature survey. *Critical Reviews in Microbiology*, v. 28, n. 4, 2002, p. 281–370. <https://doi.org/10.1080/1040-840291046759>
- CARRIÓN-GUTIÉRREZ, CINTHIA-VANESSA; BARRAZUETA-ROJAS, SANDRA-GABRIELA; MENDOZA-ZURITA, GUILLERMO-XAVIER; LARA-FREIRE, MERCEDES-LETICIA. Mejoramiento De Las Propiedades Físicoquímicas Del Vino Usando Distintos Niveles De Bentonita. *Ciencia Digital*, v. 2, n. 4.2, 2018, p. 67–87. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2..202>
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Acuerdo de competitividad para la cadena productiva de pasifloras en Colombia. Bogotá (Colombia): 2012, 174 p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Cadena de pasifloras: indicadores e instrumentos. Bogotá (Colombia): 2019, 28 p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Cadena de pasifloras: Indicadores e instrumentos Mayo – junio 2018. Bogotá (Colombia): 2018, 18 p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir para la fabricación, elaboración, hidratación, envase, almacenamiento, distribución, transporte, comercialización, expendio, exportación e importación de bebidas alcohólicas destinadas para consumo humano. Decreto 1686 del 9 de agosto de 2012. Bogotá (Colombia): 2012, 40 p.
- CORCINO-LÓPEZ, EDELMIRA; FARROMEQUE-MEZA, MARIA-DEL-ROSARIO; LEÓN-MANRIQUE, BRUNILDA-EDITH; OSSO-ARRIZ, OSCAR-OTILIO; TORRES-CORCINO, EDITH. Elaboración y aceptabilidad de licor a base de melocotón (*Prunus persica*) huayco. *Facultad Bromatología y Nutrición*, v. 1, n. 1, 2014, p. 1–15.
- DIAS, D.R.; DUARTE, W.F.; SCHWAN, R.F. Methods of Evaluation of Fruit Wines. In: *Science and Technology of Fruit Wine Production*. London (United kingdom): Elsevier Inc., Academic Press, 2017, p. 227-252. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800850-8.00005-3>
- GARCÍA-RUIZ, ALMUDENA; GIRONES-VILAPLANA, AMADEO; LEÓN, PAOLA; MORENO, DIEGO A.; STINCO, CARLA M.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, ANTONIO J.; RUALES, JENNY. Banana passion fruit (*Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey): Microencapsulation, phytochemical composition and antioxidant capacity. *Molecules*, v. 22, n. 85, 2017, p. 1–12. <https://doi.org/10.3390/molecules22010085>

- GRANADOS, CLEMENTE; TORRENEGRA, MILADYS E.; ACEVEDO, DIOFANOR; ROMERO, PEDRO. Evaluación fisicoquímica y microbiológica del aperitivo vínico de lulo (*Solanum quitoense* L.). *Información Tecnológica*, v. 24, n. 6, 2013, p. 35–40.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000600006>
- HERRERA, JOHANA; LEÓN, LEINIS; TORRES, YUSLEIVIS; CANO, NATALIA; HERRERA, ADRIANA; CUENCA, MARTHA. Evaluación y selección de levaduras comercial para el proceso de fermentación alcohólica de hidromiel. *Publicaciones e Investigación*, v. 13, n. 2, 2019, p. 23–30.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22490/25394088.3651>
- INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR (ICBF). Encuesta nacional de la situación Nutricional en Colombia (ENSIN). Bogotá (Colombia): 2016, 65 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana (NTC) 708: Norma Colombiana sobre bebidas alcohólicas en: vinos de frutas, 5a actualización. Bogotá (Colombia): 2000, 8 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana (NTC) 440: Norma Colombiana sobre Productos alimenticios: Métodos de ensayo. Bogotá (Colombia): 2015, 25 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana (NTC) GTC 4: Manual de métodos analíticos para el control de calidad de bebidas alcohólicas. Bogotá (Colombia): 1994, 134 p.
- JIMÉNEZ-OCHOA, JESSICA P.; OTÁLORA-PALMEZANO, ESTEFANIA; AMOROCHO-CRUZ, CLAUDIA-MILENA. Evaluación de la fermentación alcohólica del mosto de uva Isabella (*Vitis labrusca*). *Ingeniería y Región*, 20, n. 1, 2018, p. 2–8.
<https://doi.org/10.25054/22161325.1911>
- LÓPEZ-PALACIOS, KARLA G.; GONZALES-CORTÉS, NICOLAS; MALDONADO-ENRIQUEZ, EMILIO J.; LUNA-JIMENEZ, ANA L.; JIMENEZ-VERA, ROMAN. Jugo de betabel (*Beta vulgaris* L.) y panela fermentados con *Saccharomyces bayanus*. *In Crescendo*, v. 9, n. 3, 2018, p. 368–370.
<http://dx.doi.org/10.21895/inces>
- MARTÍNEZ-GIRÓN, J.; REINA-HERNANDEZ, B.; ARIAS-RODAS, A.L.; HERNANDEZ-MONTAÑA, J.C.; AGUDELO-BURBANO, J.H. Physicochemical, microbiological and sensory characterization of liquor obtained from atemoya fruit (*Annona cherimola* × *Annona squamosa*). *Scientia et Technica*, v. 24, n. 4, 2019, p. 636–642.
- MAYORGA, MILDRED; FISCHER, GERHARD; MELGAREJO, LUZ-MARINA; PARRA-CORONADO, ALFONSO. Growth, development and quality of *Passiflora tripartita* var. Mollissima fruits under two environmental tropical conditions. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, v. 93, n. 66, 2020, p. 66–75.
<https://doi.org/10.5073/JABFQ.2020.093.009>
- MUNDARAGI, ABHISHEK; THANGADURAI, DEVARAJAN. Process optimization, physicochemical characterization and antioxidant potential of novel wine from an underutilized fruit *Carissa spinarum* L. (apocynaceae). *Food Science and Technology*, v. 38, n. 3, 2017, p. 428–433.
<https://doi.org/10.1590/1678-457x.06417>
- NERI-NUMA, IRAMAIA-ANGELICA; SORIANO-SANCHO, RENATA A.; APARECIDA-PEREIRA, ANA-PAULA; PASTORE, GLAUCIA-MARIA. Small Brazilian wild fruits: Nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. *Food Research International*, v. 103, n. 1, 2018, p. 345–360.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.053>
- NIKOLAOU, ANASTASIOS; TSAKIRIS, ARGYRIOS; KANELLAKI, MARIA; BEZIRTZOGLOU, EUGENIA; AKRIDA-DEMERTZI, KRIDA-DEMERTZI; KOURKOUTAS, YIANNIS. Wine production using free and immobilized kefir culture on natural supports. *Food Chemistry*, v. 272, n. 1, 2019, p. 39–48.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.015>
- ORÉ, F.; DE LA CRUZ, R.; MONTALVO, J.; MUÑOZ, K. Evaluation of the acceptability and alcohol content of goose wine (*Oxalis tuberosa*) of five varieties. *Journal of Agro-Industry Sciences*, v. 1, n. 2, 2019, p. 39–43.
<https://doi.org/10.17268/jais.2019.005>

- OVIEDO-ARBELÁEZ, MANUEL; LOZANO-VERA, JENNIFER; AMOROCHO CRUZ, CLAUDIA-MILENA. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del vino de mora (*Rubus glaucus* Benth), El Hobo (Huila). *Dyna*, v. 85, n. 207, 2018, p. 107–112.
<https://doi.org/10.15446/dyna.v85n207.72957>
- PÁJARO-ESCOBAR, HAROLD A.; BENEDETTI, JORGE; GARCÍA-ZAPATEIRO, LUIS A. Caracterización Fisicoquímica y Microbiológica de un Vino de Frutas a base de Tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y Carambola (*Averrhoa carambola* L.). *Información Tecnológica*, v. 29, n. 5, 2018, p. 123–130.
<https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000500123>
- PALERMO, JANE-RIZZO. *Análise sensorial: fundamentos e métodos*. 1 ed. Rio de Janeiro (Brazil): Editora Atheneu, 2015, 158 p, ISBN 978-85-388-0662-2
- PARRA-PEÑALOSA, OSCAR-JOSE; CANCINO-ESCALANTE, GIOVANNI-ORLANDO. Evaluation of induction of somatic embryogenesis from cotyledonary leaves of Banana Passion fruit (*Passiflora mollissima*) L.H Bailey. *Respuestas*, v. 24, n. 1, 2019, p. 31–38.
- PEREZ, DOLORES; CAPALDI, CAROLINA; MERCADO, LAURA; MALIZIA, ADRIANA; SARI, SANTIAGO. Efecto combinado de cepa de levadura y Terroir en vinos Malbec de Mendoza. *XII Congreso Internacional Terroir*, v. 50, n. 02005, 2018, p. 1–7.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185002005>
- SEPÚLVEDA, PAULA; COSTA, GEISON M.; ARAGÓN, DIANA-MARCELA.; RAMOS, FREDDY; CASTELLANOS, LEONARDO. Analysis of vitexin in aqueous extracts and commercial products of Andean *Passiflora* species by UHPLC-DAD. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, v. 8, n. 9, 2018, p. 081–086.
<https://doi.org/10.7324/JAPS.2018.8912>
- SIMÓ, GUILLERMO; VILA-CRESPO, JOSEFINA; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, ENCARNACIÓN; RUIPÉREZ, VIOLETA; RODRÍGUEZ-NOGALES, JOSE-MANUEL. Highly Efficient Malolactic Fermentation of Red Wine Using Encapsulated Bacteria in a Robust Biocomposite of Silica-Alginate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 65, n. 25, 2017, p. 5188–5197.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b01210>
- TERRADES, SALVADOR; WAGNER, SIMON; ROS-LIS, JOSE-VICENTE; IBÁÑEZ, JAVIER; ANDRÉS, ANA. Optical system for automatic color monitoring in heterogeneous media during vinification processes. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, v. 285, n. 1, 2019, p. 513–518.
<https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.01.033>
- TROYA, DARWIN; TUPUNA-YEROVI, DIEGO-SANTIAGO; RUALES, JENNY. Effects of Wall Materials and Operating Parameters on Physicochemical Properties, Process Efficiency, and Total Carotenoid Content of Microencapsulated Banana Passionfruit Pulp (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*) by Spray-Drying. *Food and Bioprocess Technology*, v. 11, n. 10, 2018, p.1828–1839.
<https://doi.org/10.1007/s11947-018-2143-0>
- WEI, JIANPING; ZHANG, YUXIANG; YUAN, YAHONG; DAI, LU; YUE, TIANLI. Characteristic fruit wine production via reciprocal selection of juice and non-Saccharomyces species. *Food Microbiology*, v. 79, n. 1, 2019, p. 66–74.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.11.008>