

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE GUARAPO DE PIÑA (*ANANAS COMOSUS*)

DETERMINATION OF THE PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS FOR THE PROCESS OF OBTAINING PINEAPPLE GUARAPO (*ANANAS COMOSUS*)

Castro Torres, Amy Natalia.¹, Rodríguez Leal, Miller Santiago.¹Farias Campomanes, Angela María.², Colina Moncayo, Jhoana Yamilet.²

¹Estudiante del programa de Ingeniería de Alimentos. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá, Colombia. Calle 170 #54a – 10. Correo electrónico: castro.amy@uniagraria.edu.co*, rodriguez.miller@uniagraria.edu.co

²Docente del programa de Ingeniería de Alimentos. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá, Colombia. Calle 170 #54a – 10. Correo electrónico: farias.angela@uniagraria.edu.co*, colina.jhoana@uniagraria.edu.co

Recibido: septiembre 15 de 2023; Aceptado: marzo 25 de 2024

RESUMEN

El guarapo de piña, considerada la bebida del pueblo colombiano, es una bebida fermentada que posee características únicas gracias al proceso de fermentación. Sin embargo, debido a la llegada de las grandes industrias cerveceras, esta bebida ha ido desapareciendo, representando un daño al patrimonio e identidad cultural del país. El presente trabajo plantea establecer los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el proceso de elaboración de guarapo de piña usando dos procesos de fermentación: controlada (*Saccharomyces cerevisiae* var. *Diastaticus*) y no controlada. La caracterización fisicoquímica de la piña y la panela

60

Castro Torres, Amy Natalia.¹, Rodríguez Leal, Miller Santiago.¹Farias Campomanes, Angela María.², Colina Moncayo, Jhoana Yamilet.²

empleada en el proceso de elaboración de guarapo se determinó a través de la medición de ° Brix, pH, humedad, cenizas, acidez y densidad. El proceso de elaboración de los dos tipos de guarapo de piña se desarrolló bajo las mismas condiciones de tiempo y temperatura. Finalmente, se determinaron las características de las bebidas fermentadas a través de pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. Como resultados se tiene que el porcentaje de cenizas y alcohol son los que más difieren entre las dos bebidas obtenidas. Los análisis microbiológicos demostraron alta carga microbiana, siendo 216.300.000 cel/mL en el guarapo obtenido por fermentación controlada. Además, la evaluación sensorial muestra que la bebida con fermentación no controlada presentó más aceptación principalmente por su sabor y olor, mientras que la otra bebida se destaca por su alto contenido de alcohol. Finalmente, se logró establecer los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el proceso de elaboración de guarapo de piña usando los dos procesos de fermentación mencionados.

Palabras clave: Alcohol, Análisis sensorial, Bebida, Fermentación, *Saccharomyces cerevisiae*.

ABSTRACT

Pineapple guarapo, considered the drink of the Colombian people, is a fermented drink that has unique characteristics thanks to the fermentation process. However, due to the arrival of large brewing industries, this drink has been disappearing, representing damage to the country's cultural heritage and identity. The present work proposes to establish the physicochemical and microbiological parameters for the pineapple guarapo production process using two fermentation processes: controlled

(*Saccharomyces cerevisiae* var. *Diastaticus*) and uncontrolled. The physicochemical characterization of the pineapple and panela used in the guarapo production process was determined through the measurement of ° Brix, pH, humidity, ash, acidity and density. The production process of the two types of pineapple guarapo was developed under the same time and temperature conditions. Finally, the characteristics of the fermented drinks were determined through physicochemical, microbiological and sensory tests. The results show that the percentage of ashes and alcohol differ the most between the two drinks obtained. Microbiological analyzes demonstrated a high microbial load, being 216,300,000 cells/mL in the guarapo obtained by controlled fermentation. Furthermore, the sensory evaluation shows that the drink with uncontrolled fermentation was more accepted mainly due to its taste and smell, while the other drink stands out for its high alcohol content. Finally, it was possible to establish the physicochemical and microbiological parameters for the pineapple guarapo production process using the two mentioned fermentation processes.

Key words: Alcohol, Sensory analysis, Beverage, Fermentation, *Saccharomyces cerevisiae*.

INTRODUCCIÓN

Las bebidas fermentadas a base de fruta son soluciones complejas elaboradas por cientos de componentes presentes en la misma fruta, desde las variables que afectan la fermentación (pH, Temperatura, recursos, espacio y competencia), las levaduras, el metabolismo de los

microorganismos durante y después de la fermentación, entre muchas otras variables (Dias et al, 2017). Es dentro de esta descripción y categoría que entra la bebida conocida como guarapo, la cual es elaborada con piña que, de acuerdo con Diaz et al. (2022), esta es una fruta que

62

pertenece a la familia *Bromeliaceae*, género *Ananas*, no climatérica proveniente de Brasil y Paraguay (Pérez-Romero et al., 2020). Ahora bien, una de las variedades más producidas en Colombia es la MD2, que es una híbrida que destaca por su aroma, suavidad y dulzura, lo cual la hace muy apetecida en el exterior y que posee una cáscara más dorada y es más dulce que otras variedades. Otro ingrediente necesario para la elaboración de esta bebida es la panela, producto que proviene de la caña de azúcar (planta que fue traída a América por los españoles desde el año 1510).

También, al ser esta una bebida fermentada, es necesario el uso de microorganismos fermentativos, como es el caso la *Saccharomyces cerevisiae* (SC) que, de acuerdo con Suárez et al. (2016), deriva del vocablo *Saccharo* (azúcar), *myces* (hongo) y *cerevisiae* (cerveza), y que esta es de las levaduras más implementadas en la industria alimenticia (vino, cerveza, panificación, alcohol, etc), dado a su gran capacidad fermentativa y su amplia versatilidad para proporcionar aromas y sabores a los alimentos.

Adicionalmente, es importante destacar que el guarapo es considerado como la bebida del pueblo colombiano, pues ha estado presente desde que los españoles incorporaron el cultivo de caña procedente

de las Indias a tierras americanas. Al llegar esta bebida, junto con otras bebidas fermentadas ya existentes en el país, su alto consumo se tomó como un problema de salud pública, pero no fue hasta la llegada de las grandes cervecerías en 1900 que se empezó a ejercer un plan de erradicación contra las *chicherías* o *guaraperías*, pues estas empresas empezaron a monopolizar de manera agresiva el mercado de las bebidas alcohólicas (Cordero, 2013).

La monopolización de esta industria, además de restringir la entrada de nuevos competidores y enriquecer un pequeño grupo a expensas de la necesidad de la mayoría de los grupos de consumidores, causa la extinción paulatina de bebidas ancestrales de la región, esto a su vez destruye parte del patrimonio nacional e identidad cultural que identifica al pueblo colombiano, el olvido de las bebidas fermentadas no solo se puede ver como un desconocimiento a las raíces culturales, sino también al cierre de alternativas comerciales de productos que no requieran grandes infraestructuras, maquinarias he inversiones para hacer parte del mercado competitivo.

Con respecto a la problemática anteriormente expuesta, se planteó mitigar el daño de esta estableciendo un proceso para la elaboración del guarapo producido

a partir de la piña. Para ello se tuvo en cuenta determinar las características de la piña y la panela por medio de análisis fisicoquímicos, además de establecer el proceso de fermentación para la obtención del guarapo de piña y así finalmente llegar al proceso establecido final. Se evaluó el guarapo de piña de acuerdo con parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos.

Con ello se pretende preservar la cultura, pues esta es la causante de dar identidad, ser diferenciadora del resto de regiones y por sobre todo otorgar un sentido de pertenencia y patriotismo. Por consiguiente, un aumento en la preservación cultural traería consigo el impulso a la industria local, como por ejemplo una nueva transformación de la materia prima (piña y panela) reviviendo consigo las oportunidades de mercado que

existían décadas atrás donde esta bebida fermentada era comercialmente rentable y de mayor accesibilidad al público. Por consiguiente, la reactivación de esta industria traería consigo nuevamente la generación de empleos producidos tanto de manera directa como indirecta, promoviendo así un fortalecimiento de la autonomía económica del país y estimulación de exportación a otros países. Por esto, es necesario introducir y producir estas bebidas ancestrales al mercado colombiano, de tal manera que sean asequibles y atractivas para el consumidor, por medio de la elaboración del guarapo de piña, teniendo en cuenta el proceso de elaboración con sus parámetros claros, esto con el fin de lograr sacar al mercado un producto de alta calidad para los consumidores de bebidas alcohólicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del proyecto se decidió realizar dos procesos de elaboración de guarapo de piña, pues uno de ellos se elaboró con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* var. *Diastaticus* (guarapo con fermentación controlada), mientras que el otro guarapo fue fermentado sin la adición de ningún microorganismo adicional, solo los presentes de manera natural en la cáscara de la piña (guarapo con

fermentación no controlada). Lo anteriormente dicho se realizó con el fin de lograr conocer cuáles son las diferencias que se presentan al analizar las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, y así lograr conocer cuál es el proceso acorde para la elaboración de este tipo de bebida.

Para la elaboración de las bebidas se tomaron como materias primas la piña de

la especie MD2 (*Ananas comosus*), proveniente de centros de acopio de la ciudad de Bogotá (plaza de mercado), pues este es el ingrediente principal para la elaboración de este tipo de guarapo. Adicionalmente, se utilizó la panela (proveniente de Caparrapí, Cundinamarca)

para así lograr que se llevara a cabo la fermentación alcohólica requerida para el producto final en cada una de las muestras. También, es importante resaltar que el agua utilizada era potable.

Tabla 1. Metodologías implementadas en el proyecto.

Etapa	Material evaluado	Tipo de prueba	Método empleado	
1	Caracterización de la materia prima	Piña MD2 y panela	Determinación de sólidos solubles totales (SST)	Refractometría
			Determinación de humedad	Método de desecación (AOAC, 1990)
			Determinación de cenizas	Método de incineración de la materia orgánica (AOAC, 1990)
			Determinación de la densidad	Principio de Arquímedes
			Medición de pH	Potenciometría
			Determinación de acidez	Método de acidez titulable (AOAC, 2000)
2	Elaboración de la bebida	Guarapo de piña elaborado con fermentación no controlada	Ver figura 1	Basado en el trabajo de Cornejo et al. (2018)
		Guarapo de piña elaborado con fermentación controlada	Ver figura 2	
3	Caracterización de la bebida	Guarapo de piña elaborado con fermentación controlada y no controlada	Determinación de sólidos solubles totales (SST)	Refractometría
			Determinación de humedad	Método de desecación (AOAC, 1990)
			Determinación de cenizas	Método de incineración de la materia orgánica (AOAC, 1990)
			Determinación de la densidad	Picnometría
			Medición de pH	Potenciometría
			Determinación de acidez	Método de acidez titulable (AOAC, 2000)
			Determinación de porcentaje de alcohol	Método de extracción de alcohol por destilación
4	Análisis microbiológico	Guarapo de piña elaborado con fermentación controlada	Absorbancia en 10 ⁻¹	Metodología descrita en la ISO 7218
			Recuento por cámara de Neubauer	
			Tinción de Gram	
			Morfología	
5	Análisis sensorial	Guarapo de piña elaborado con fermentación controlada y no controlada	Prueba hedónica (escala de nueve puntos) y prueba de preferencia de pares	

Con estos insumos se procedió a realizar la caracterización de la piña y la panela seleccionadas para luego acondicionar la materia prima y así preparar el producto. Después, se realizó el proceso para producir las dos muestras de guarapo para así también realizar la caracterización de esta, y finalmente las muestras se evaluaron sensorialmente a un grupo de 20 participantes. A continuación, se describe cada una de las metodologías utilizadas durante el proyecto

Como se pudo evidenciar en la tabla anterior, los análisis fisicoquímicos tanto de las bebidas como de las materias primas utilizadas están determinados por información ya encontrada en la literatura, así como los análisis microbiológicos y sensoriales realizados a las bebidas mencionadas. Por otro lado, para la elaboración de la bebida se tomó como referencia la investigación de Cornejo et al. (2018), pues en este documento se establece el procedimiento para la preparación de vino de piña utilizando tres diferentes tipos de concentraciones de guarapo de caña de azúcar, por lo cual, al ser tan similares en las materias primas y en el tipo de bebidas, se pudo tomar como metodología guía para el proceso de fabricación del producto.

Por ello, se estableció el proceso de elaboración del guarapo de piña para los dos tipos de variaciones de este, lo cual está plasmado en las siguientes figuras:

Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración del guarapo con fermentación no controlada.

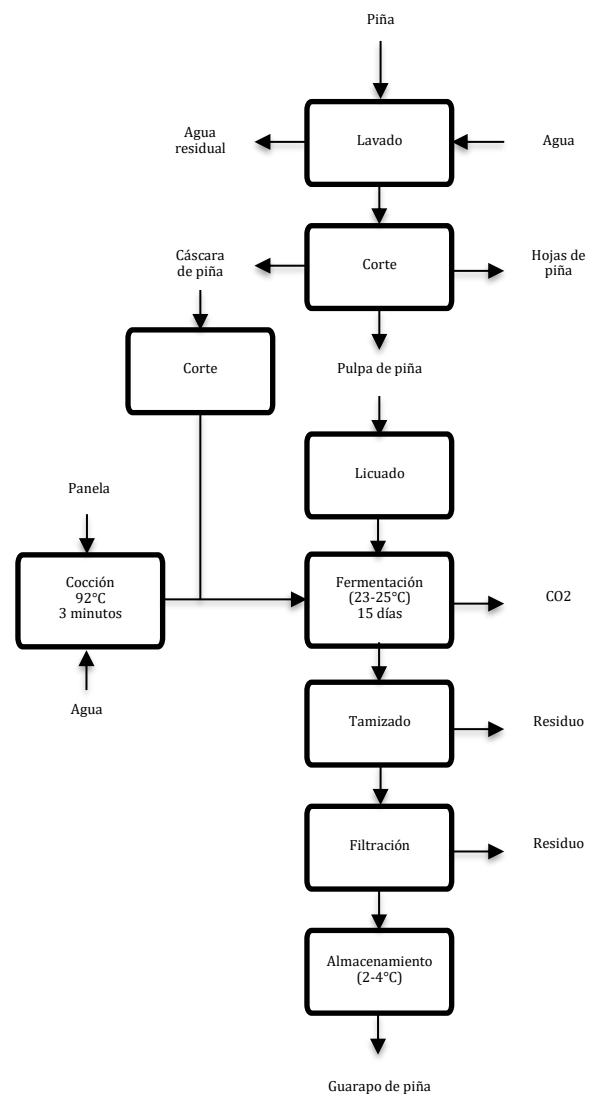
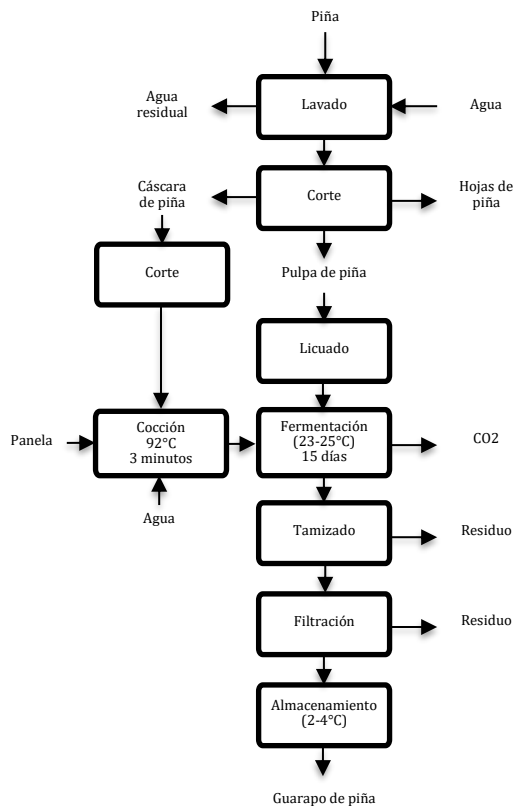


Figura 2. Diagrama de flujo de la elaboración del guarapo con fermentación controlada.



Análisis microbiológico de la bebida elaborada con fermentación controlada (*Saccharomyces cerevisiae* var. *Diastaticus*).

La metodología utilizada para los análisis microbiológicos fue basada en las normas establecidas por la Organización Internacional de Normalización (ISO) que es la organización encargada de la creación de estándares internacionales, concretamente el apartado utilizado para la metodología fue la ISO 7218, pues establece los principios generales para el recuento de microorganismos en productos

alimentarios. Con ello se procedió a realizar la tinción de Gram en las dos muestras de fermento para así encontrar su morfología y conocer si pertenecían al grupo Gram+ o Gram-, dado que la tinción de Gram es la técnica predilecta para determinar estos parámetros. Se procedió con su metodología la cual está explicada en la figura 3:

Figura 3. Metodología de tinción de Gram para la muestra de guarapo



Para realizar la observación de los microorganismos presentes, es decir medir cuán cargada estaba la muestra con las levaduras, también se implementa la normativa especificada en la ISO 7218, para lo cual se usó un espectrofotómetro calibrado a 600 nm, posteriormente se le asignó un parámetro blanco y finalmente se le agregaron las muestra; cabe resaltar que se tuvo que diluir la muestra a 10^{-1} dado que la carga microbiana excede la capacidad estándar de la observancia de la luz, por lo que se tuvo que recurrir a una dilución para que dicha observancia pudiera ser captada por el espectrofotómetro.

En cuanto al recuento de los microorganismos, se implementó el método de la cámara de Neubauer, ya que es excelente para el recuento de células en muestras líquidas. Para implementar dicho método se preparó una disolución en 10^{-1} de la muestra y se introdujo en la cámara de Neubauer. Dicha cámara cuenta con nueve cuadrículas, las cuales están divididas por líneas finas que dividen el área en pequeños cuadros. Una vez introducida la muestra a la cámara, se llevó al microscopio y se realizó el conteo de cada microorganismo presente en cada cuadrícula.

Una vez terminado el recuento total, se calculó el volumen de líquido presente en cuatro cuadrantes, con lo cual finalmente se pudo implementar la siguiente fórmula que nos indica el número de células por mililitro:

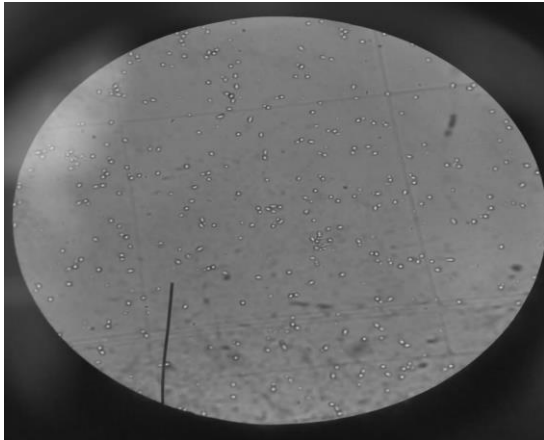
$$\frac{Cel}{mL} = \frac{Número\ de\ células}{Volumen}$$

Como se mencionó anteriormente se tuvo que hacer una dilución de la muestra para que fuera posible hacer el conteo, por lo que posteriormente al cálculo de Cel/ml se tuvo que multiplicar esta por el inverso de la dilución. El resultado de esto es igual a la concentración original de la bebida, así como se ve en la siguiente fórmula:

$$Concentración = \frac{Cel}{mL} * Inverso\ dilución$$

Cabe resaltar que esta metodología sólo fue aplicada a la bebida con la levadura BE-134, dado que la carga microbiana en la bebida con fermentación no controlada era muy biodiversa, lo cual provocaría que el recuento de los microorganismos no fuera enfocado en una especie en particular.

Figura 4. *Levadura Saccharomyces cerevisiae var. Diastaticus en cámara de Neubauer.*



Análisis sensorial

Para este trabajo se decidió realizar una prueba sensorial a los dos tipos de guarapo. Para ello, se deseó evaluar la preferencia entre las dos muestras, esto por medio de una prueba de aceptabilidad (prueba hedónica en una escala de nueve puntos) y también por medio de una prueba de preferencia pareada.

- Método de evaluación de resultados

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la piña MD2

Con los resultados obtenidos luego de aplicar la metodología se pudo construir la siguiente tabla de datos donde fue posible

Con el objetivo de mostrar los resultados obtenidos de la evaluación de los 20 panelistas seleccionados se procedió a utilizar gráficos estadísticos que permitieran analizar estos de manera concreta. Con estas gráficas se evaluaron las diferencias entre cada muestra de acuerdo con los cuatro atributos seleccionados, pero también fueron utilizadas para evidenciar las comparaciones respecto a la edad y al sexo de los panelistas, para así poder evaluar si existen diferencias entre la relación de la edad y sexo respecto a la preferencia de cada guarapo.

Dentro de los gráficos seleccionados se tiene histogramas de frecuencia para la evaluación de atributos, clasificación de los panelistas y preferencia entre las dos muestras, y también gráficos de radar para evaluar la aceptabilidad de cada uno de los atributos de las bebidas elaboradas (Catania y Avagnina, 2007).

caracterizar seis aspectos importantes para la caracterización del fruto. Dichos aspectos facilitaron la caracterización de la bebida posteriormente elaborada (guarapo de piña).

Tabla 2. Resultados de la caracterización de la piña MD2.

Piña MD2	Humedad (%)	Cenizas (%)	Acidez titulable (%)	Densidad (g/ml)	Sólidos solubles totales (°Brix)	pH
	87,34 ± 0,38	0,46 ± 0,11	0,42 ± 0,04	1,04 ± 0,06	15,00 ± 0,00	3,5

Como se puede evidenciar en la Tabla 2, el valor experimental para el porcentaje de humedad en la piña MD2 es de 87,34 %, lo cual es un valor bastante cercano al encontrado en la literatura, ya que, de acuerdo con Carrillo et al., el valor se encuentra en el rango de 86,62 % (2020). Respecto al valor de cenizas obtenido en el laboratorio se tiene un resultado de 0,46%, y contrastándolo con la literatura encontrada es un valor bastante próximo, pues en esta el valor es de 0,42 % (Quiroga et al., 2022).

Respecto a los sólidos solubles totales, según la literatura, la piña MD2 puede tener una concentración de entre 12 a 16 °Brix, esto dependiendo del estado de maduración en el que se encuentre el fruto (Gadea, 2010). Ahora bien, según el reporte experimental el fruto contaba con un 15° Brix, lo cual indica que el resultado experimental está dentro del rango que establece la literatura.

En cuanto a la acidez, el porcentaje de ácido cítrico (el cual es el ácido con mayor predominancia en la muestra) consta con

un valor de 0,49 %, dicho valor se aproxima satisfactoriamente al encontrado por Silva et al. (2018), pues este es de 0,5 %.

Por otro lado, respecto a la densidad encontrada experimentalmente se obtuvo un valor de 1,04 g/ml, lo cual va acorde a la norma técnica que indica que el valor de densidad en el fruto debe estar en el rango de 0,10 a 1,057 g/ml (ICONTEC, 1996).

Respecto al pH presente en el fruto según la lectura del potenciómetro, la muestra de piña analizada cuenta con un pH de entre 3 y 4, este valor respalda lo encontrado en la literatura, ya que de acuerdo con lo mencionado por Silva et al. (2018), el pH en la piña cuenta con un valor de entre 3,6 a 3,8.

Caracterización de la panela

Con los resultados obtenidos por la metodología se pudo construir la siguiente tabla de datos donde fue posible caracterizar seis aspectos importantes para la caracterización del producto. Dichos aspectos facilitaron la caracterización de la bebida posteriormente elaborada (guarapo de piña).

Tabla 3. Resultados de la caracterización de la panela.

Panela	Humedad (%)	Cenizas (%)	Acidez titulable (%)	Densidad (g/ml)	Sólidos solubles totales (°Brix)	pH
	7,32 ± 0,18	0,94 ± 0,22	0,063 ± 0,00	1,51 ± 0,02	31,50 ± 0,00	5,9

En la Tabla 3 se puede evidenciar que el porcentaje de humedad obtenido en la panela analizada es de 7,32 %, lo cual concuerda al porcentaje encontrado en la teoría, donde nos dice que el valor de humedad en este producto oscila entre el 5 % a máximo el 9 % (Bolaños et al., 2019).

Por otro lado, al analizar el porcentaje de cenizas se puede decir que se obtuvo 0,94 %, y que este dato va realmente acorde a los requerimientos técnicos de debe tener este producto, pues la norma exige que su porcentaje de ceniza debe oscilar entre los 0,9 a 1,9 %, de acuerdo con Parra (2002).

En cuanto a la titulación de acidez, el porcentaje de ácido cítrico encontrado en la panela es de 0,063 %, cabe resaltar que debido a la naturaleza del producto no cuenta con un porcentaje significativo de acidez, es por ello que son escasos los estudios encontrados relacionados con la caracterización del producto, pues no tratan la cuantificación de este elemento en la panela. Sin embargo, fue posible

determinar que el ácido con mayor presencia es el ácido cítrico, aunque en muy pocas cantidades (Bolaños et al., 2019).

Respecto a la densidad, se calculó que la panela en bloque posee una densidad de 1,51 g/ml. Dicho dato se aproxima bastante al encontrado en el artículo de Fajardo et al. (1999), donde menciona que la densidad para la panela en bloque se encuentra en 1,34 g/ml.

En la determinación del pH de la panela el valor experimental obtenido fue de 5,9, el cual concuerda satisfactoriamente con el valor encontrado en la teoría, donde se pueden encontrar valores en los 5,5 a 7,1 de pH para la panela (Hernández, 2018).

Finalmente, en la determinación de los sólidos solubles totales en la muestra, que se miden a través de grados Brix, el resultado obtenido fue de 31,5° Brix. Es importante aclarar que dicho resultado fue obtenido por la disolución de 3,1890 g de muestra de panela en 10 g de agua, ya que

si se compara directamente con el valor teórico dado por Hernández (2018), este debería estar entre 90 y 92 ° Brix, lo cual representaría un alto porcentaje de error. Para explicar mejor qué ocurre se tiene el siguiente cálculo, en donde se evalúa cuánto debe ser el valor teórico para la concentración de panela que se realizó en el laboratorio, esto con el fin de comparar si el valor obtenido va acorde a lo encontrado en otros estudios:

$$\frac{3.1890 \text{ g}}{10 \text{ g}} = 0.3189 * 100\% = 31.89\%$$

$$31.89\% * \frac{92^\circ \text{ Brix}}{100\%} = 29.3388^\circ \text{ Brix}$$

Con la ecuación implementada se puede constatar que el valor obtenido experimentalmente se aproxima bastante al encontrado teóricamente, dado que para la concentración de panela al 31,89 % de

tiene que los grados Brix debe ser equivalentes a 29,34° Brix, y en la práctica experimental se obtuvo 31,5 %.

Caracterización de la bebida

En cuanto a los resultados arrojados por las dos bebidas (tanto la de fermentación controlada como la no controlada) se pudieron detallar leves diferencias entre cada muestra analizada en los aspectos requeridos, tales como densidad, sólidos solubles y pH. Sin embargo, cabe resaltar que resultados como el porcentaje de cenizas y alcohol, tuvieron una diferencia considerable entre las dos muestras analizadas, se puede suponer que se atribuyen al tipo de levadura implementada en cada bebida.

Dichas comparaciones de datos se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 4. Resultados de la caracterización de los guarapos elaborados con ambos tipos de fermentaciones.

Parametro	Humedad (%)	Cenizas (%)	Acidez titulable (%)	Densidad (g/ml)	Sólidos solubles totales (°Brix)	Alcohol (%)	pH
Guarapo con fermentación no controlada	66,26 ± 0,32	2,84 ± 0,99	0,18 ± 0,01	1,14 ± 0,00	34 ± 0,00	1,81	5,3
Guarapo con fermentación controlada	70,31 ± 0,26	0,82 ± 0,86	0,12 ± 0,03	1,12 ± 0,00	32 ± 0,00	7,54	5,6

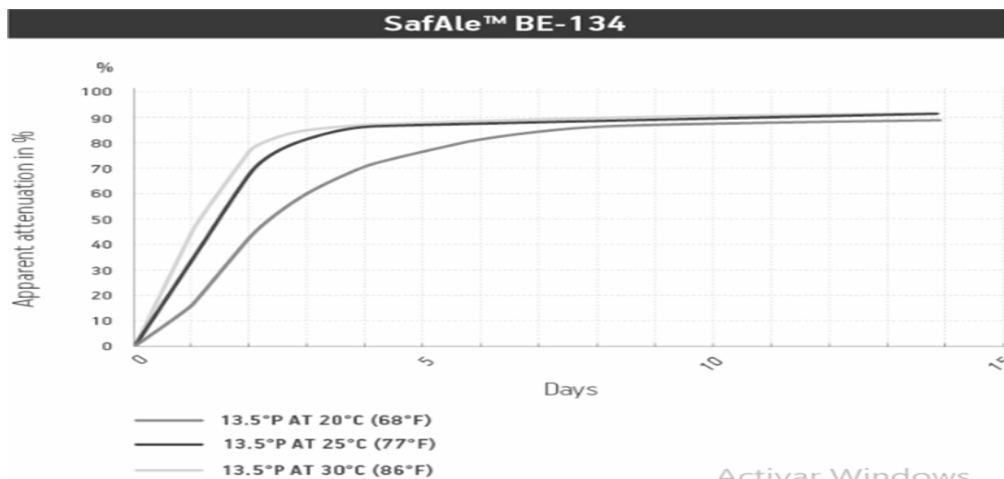
Cabe resaltar que la toma de cada dato analizado en la tabla se realizó por

triplicado, posteriormente se promediaron estos datos para así obtener mayor precisión en los análisis realizados.

Según las especificaciones técnicas de la levadura comercial *Saccharomyces cerevisiae* var. *Diastaticus* (BE-134), su tolerancia al alcohol varía del 9 al 11%,

dicha tolerancia al alcohol se estima que se alcanza pasados 15 días de inoculación de la levadura en el líquido a fermentar estando a temperaturas que oscilan entre 20 a 25°C (Fermentis, 2018). Dicha escala puede apreciarse de mejor manera a continuación:

Figura 5. Crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* var. *Diastaticus* (BE-134) a lo largo de 15 días a diferentes temperaturas.



Nota. Adaptado de SAFALE™ BE-134 TECHNICAL FEATURES, De fermentis, s.f., <https://fermentis.com/en/product/safale-be-134/>.

Por otro lado, como resultado obtenido con el guarapo elaborado con fermentación controlada, se puede apreciar que, en cuanto al porcentaje de alcohol, la bebida se aproximó de manera satisfactoria a las especificaciones establecidas de dicha levadura. Además, el porcentaje de alcohol producido por la levadura natural presente en la cáscara de piña fue significativamente menor a lo esperado. Para analizar los resultados con la teoría se

tiene el estudio de Cornejo et al. (2018), en el cual menciona que los sólidos solubles aportados por el guarapo de caña pueden incidir directamente sobre la producción de alcohol. También, este autor realizó unas pruebas en las cuales se obtuvieron resultados de más de 8% de alcohol en periodos no superiores a 20 días. Ahora bien, la proporción de sólidos solubles realizados en este proyecto fue similar al del autor mencionado. No obstante, cabe

resaltar que el diagrama de flujo establecido para la elaboración del guarapo realizado fue diferente al encontrado en la teoría y, por tanto, dicha variación puede ser la causante de la diferencia de grados alcohólicos entre los fermentos elaborados por Cornejo et al (2018) y los experimentales del presente proyecto. Además, se estimó que el bajo porcentaje de alcohol en el guarapo con

fermentación no controlada puede deberse a que no todos los microorganismos presentes en esta están enfocados en la producción de alcohol, esto provocando que la conversión de azúcar presente en la muestra se transforme en otros compuestos, como por ejemplo el ácido, lo cual podría explicar el peculiar sabor ácido con el que contó esta bebida.

- **Resultados microbiológicos**

Tabla 5. Resultados del análisis microbiológico de los guarapos elaborados con ambos tipos de fermentaciones.

	Absorbancia de 10 ⁻¹	Recuento por Neubauer	Gram	Morfología
Guarapo con fermentación no controlada	1.06	N/A	Positiva	Diversa
Guarapo con fermentación controlada	1.33	216.300.000 cel/mL	Negativa	Cocos

Los resultados arrojados con la tinción de Gram fueron diferentes para cada muestra, mientras que, en la bebida con fermentación no controlada, la muestra cuenta con gran variedad de células con diferentes morfologías (cocos, bacilos, vibrios) y de carácter Gram positivas, la bebida elaborada con fermentación controlada únicamente cuenta con un tipo de célula con morfología de cocos (en este caso la *Saccharomyces cerevisiae* var. *Diastaticus*) de carácter Gram negativa.

Respecto a la absorbancia realizada con espectrofotometría se puede apreciar que ambas muestras cuentan con una absorbancia alta pues cuentan con un valor superior al 1, lo cual indica que la absorción de luz es esta es alta debido a la carga microbiana presente, cabe resaltar que este resultado fue obtenido con una disolución de 10⁻¹, lo cual significa que esta puede ser mucho mayor en ambos casos, también hay que señalar el hecho de que este método no indica si los microorganismos presentes se encuentran activos o no, por lo que solo se puede

tomar como un indicador de la carga presente de estos en la muestra.

Por último para profundizar en el conteo microbiano con la implementación de la cámara de Neubauer, se obtuvo una concentración de 216.300.000 cel/mL, con dicho dato es posible comenzar un estándar de la bebida pues con este parámetro se puede determinar la calidad del producto, estabilidad y vida útil, y por sobre todo estandarizar el proceso de producción, pues una vez establecido qué tipo de células y que número de estas deben estar presentes tanto en la etapa inicial como en la final de la bebida, se puede dar pie a la estandarización.

Análisis sensorial

Para la elaboración de este análisis sensorial es importante resaltar que se tuvo en cuenta realizar la prueba a 20 panelistas (tipo consumidores), esto con el fin de tener mayores resultados para así conocer correctamente la preferencia de acuerdo con el tipo de bebida, la edad y el sexo.

Para empezar, se analizaron los resultados obtenidos en la prueba de atributos, en donde se debe tener en cuenta que era una prueba de una escala de 1 a 9, así como se observa a continuación:

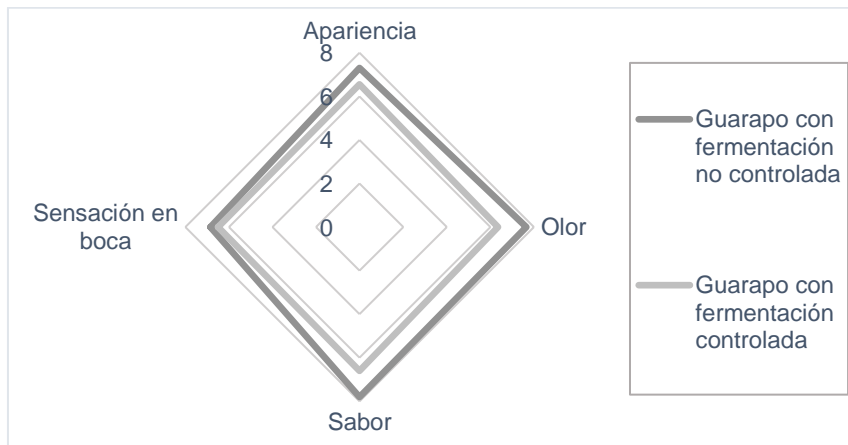
Tabla 6. Escala de 9 puntos utilizada en las pruebas sensoriales de las bebidas.

Puntaje	Categoría	Puntaje	Categoría
1	Me disgusta extremadamente	6	Me gusta levemente
2	Me disgusta mucho	7	Me gusta moderadamente
3	Me disgusta moderadamente	8	Me gusta mucho
4	Me disgusta levemente	9	Me gusta extremadamente
5	No me gusta ni me disgusta		

Luego de tener en cuenta lo explicado en la Tabla 6 se procedió a obtener los promedios de los resultados de cada

atributo evaluado de ambas bebidas, teniendo como resultados:

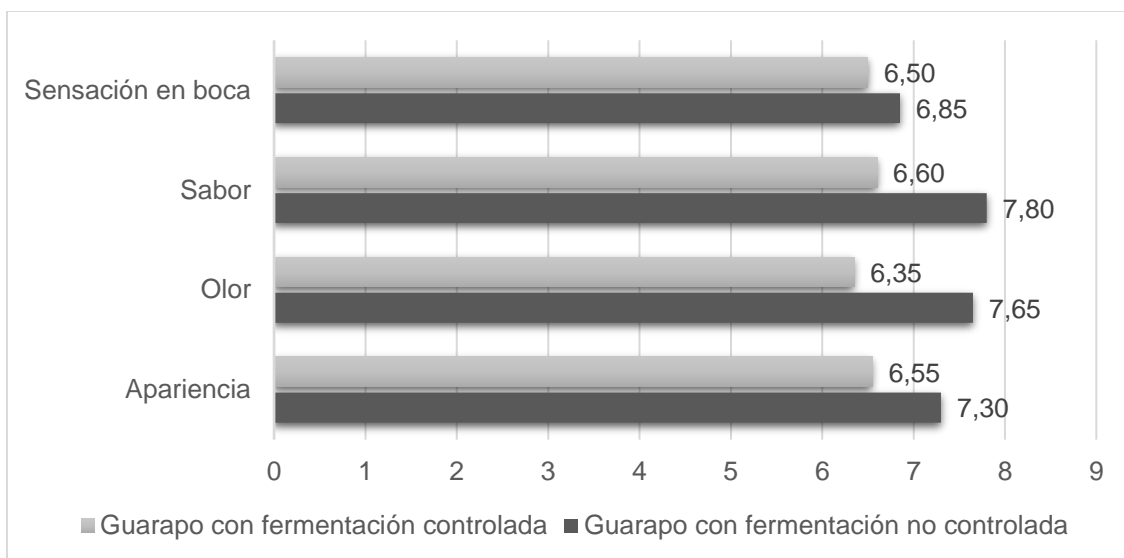
Figura 6. Comparación por atributos respecto a los dos tipos de bebida elaborados.



En la figura anterior se puede observar que hay una diferencia notoria entre los dos productos elaborados, pues es de mayor preferencia el guarapo elaborado con

fermentación no controlada. Esta diferencia se hace más evidente al evaluar los atributos de olor y sabor, pues fue de mayor agrado con la bebida de preferencia.

Figura 7. Comparación por atributos de los dos tipos de bebida elaborados (con los valores promedio obtenidos).

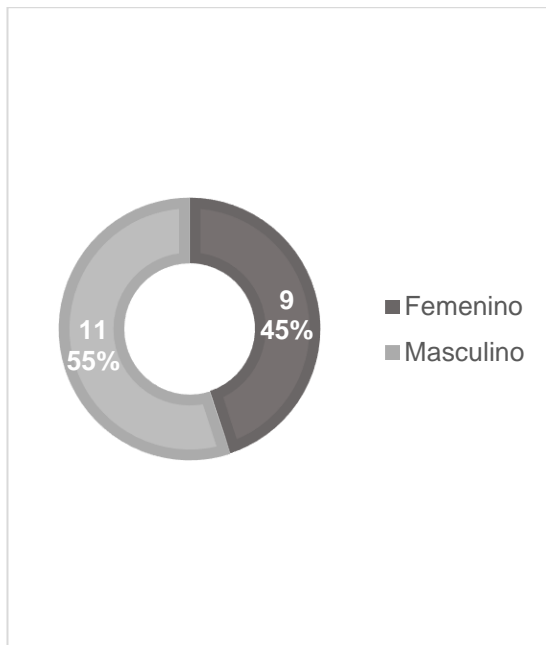


En la figura 7 se pueden ver los valores que los evaluadores le otorgaron a cada una de las bebidas, con lo cual se halló el promedio de estos y se obtuvieron los valores que se observan en la figura. Allí se puede observar, así como en la figura 6, la

notoria preferencia del atributo del sabor y también del olor, ya que, de acuerdo con el valor obtenido en escala de nueve puntos, a los evaluadores “les gustó mucho” en sabor y también el olor de esta muestra. Por otro lado, el guarapo de piña con

fermentación controlada le otorga menor capacidad en propiedades organolépticas a la bebida, pues en esta, de acuerdo con los comentarios obtenidos, únicamente predominó la presencia de alcohol, tanto en gusto, olfato y sensación en boca, haciendo por consecuencia una bebida muy parecida al aguardiente en cuanto a sensación se refiere. Adicionalmente, se analizaron las pruebas de preferencia de pares, esto discriminándolos de diferentes maneras:

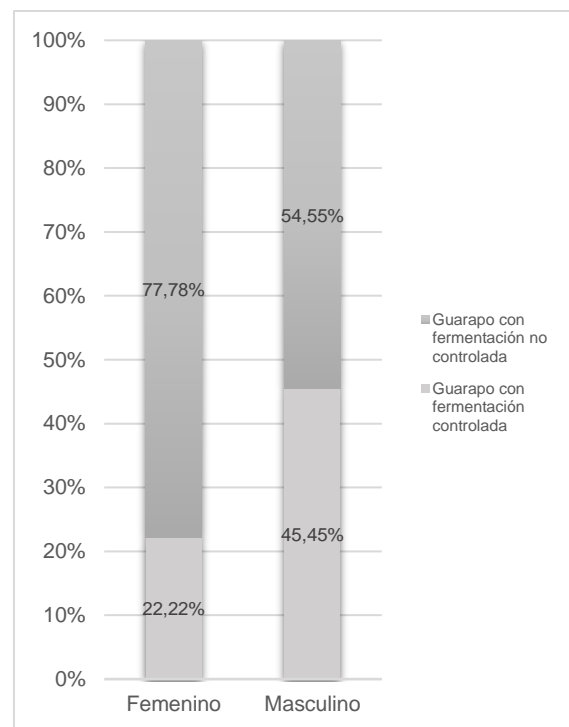
Figura 8. Porcentaje de los evaluadores respecto al sexo femenino y masculino.



En la figura 8 se muestra que la mayoría de los evaluadores son de sexo masculino. Sin embargo, la diferencia es de dos evaluadores con respecto al grupo de sexo femenino, por lo cual se puede decir que la

muestra poblacional escogida fue la adecuada para poner a comparar los resultados que se obtendrán a continuación:

Figura 9. Preferencia entre los dos tipos de bebida elaborados de acuerdo con el sexo de los evaluadores.

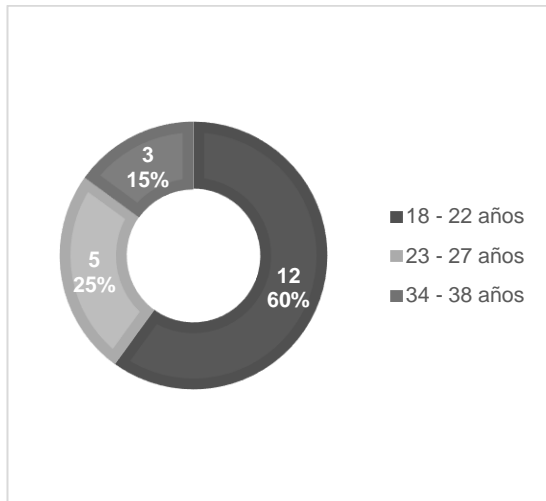


En la figura anterior se puede ver que indiscutiblemente la más preferida por los consumidores es la muestra de guarapo que no tiene levaduras añadidas, y que la muestra poblacional femenina prefiere con mayor frecuencia esta bebida.

Ahora bien, luego de hacer la discriminación por sexo es necesario evaluar la discriminación por rangos de

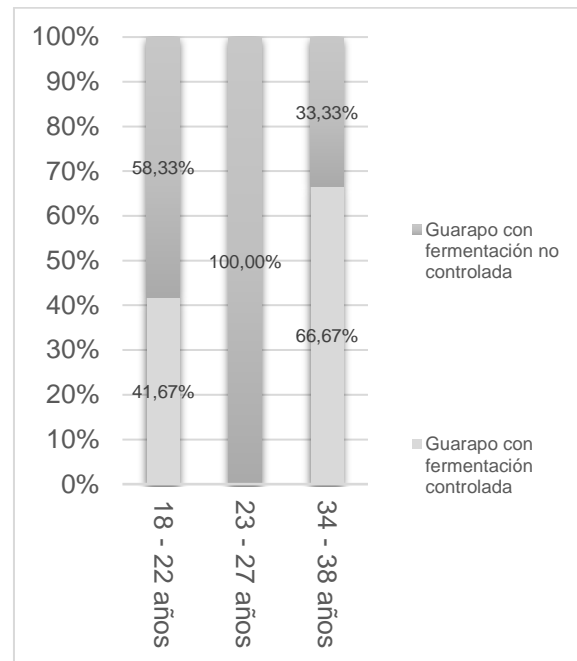
edad, donde la población evaluadora está en tres rangos distintos, como se ve en la siguiente figura:

Figura 10. Clasificación por rangos de edad de los evaluadores.



Como se puede observar se tiene que el 60% de los panelistas participantes se encuentran en el rango de edad más pequeño (18 a 22 años), seguido de 23 a 27 años (5 panelistas) y por último 3 panelistas que están entre 34 y 38 años. Esta información permite notar si de acuerdo con la edad van variando las preferencias, así como se ve en la siguiente figura:

Figura 11. Preferencia entre los dos tipos de bebida elaborados de acuerdo con la edad de los evaluadores.



En la figura 11 se puede detallar la diferencia entre las preferencias de acuerdo a la edad, teniendo como resultado que los que más prefieren el guarapo elaborado sin levadura adicionada son los más jóvenes, teniendo que de los 23 a 27 años todos prefieren esta bebida, y también el 58% de los evaluadores entre 18 a 22 años prefieren la misma muestra.

Por el contrario, al mirar la gráfica de los evaluadores de mayor edad se evidencia una clara preferencia por la muestra elaborada con *Saccharomyces cerevisiae* var. *Diastaticus* (fermentación controlada).

CONCLUSIONES

Para finalizar se puede concluir que, de acuerdo con la caracterización fisicoquímica, la piña y la panela usada en el proceso de elaboración de guarapo de piña presentaron porcentaje de acidez, sólidos solubles, humedad y cenizas acordes con la literatura.

Adicionalmente, se obtuvieron dos tipos de guarapo como resultado de la fermentación controlada (*Saccharomyces cerevisiae var. Diastaticus*) y no controlada (levaduras presentes en la cáscara de piña) con características fisicoquímicas similares (porcentaje de acidez, sólidos solubles y humedad) con excepción del porcentaje de cenizas y alcohol debido principalmente al tipo de fermentación.

De los análisis microbiológicos se puede concluir que ambos tipos de guarapo presentaron alta carga microbiana, sin embargo, el guarapo obtenido por fermentación no controlada presentó microorganismos de morfología diversa. De acuerdo con el conteo microbiano, se determinó una concentración de 216.300.000 cel/mL en guarapo de fermentación controlada, siendo uno de los parámetros más importantes en la estandarización del proceso de elaboración.

Finalmente, de la evaluación sensorial se puede concluir que la muestra de panelistas no fue sesgada puesto que pertenecían a ambos sexos y amplio rango de edades. Con respecto a los atributos sensoriales de las bebidas, se destaca que el guarapo con fermentación no controlada fue el preferido gracias a su sabor y olor; mientras que se resalta principalmente el contenido alcohólico en el guarapo de piña obtenido por fermentación controlada.

De forma general, esta investigación permitió establecer los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el proceso de elaboración de guarapo de piña usando dos procesos de fermentación: controlada (*Saccharomyces cerevisiae var. Diastaticus*) y no controlada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bolaños, L., Briñez, I. y Ramírez, J. Evaluación termodinámica de variables críticas en la Estabilidad de la panela de caña de azúcar. (2019). *Revista Facultad De Ciencias Básicas*. 14 (2): 100–110.
<https://doi.org/10.18359/rfcb.3167>
- Carrillo, M., Castorena, J., García, F., Conejo, R., Carranza, J. y García J. Deshidratación de piña (*Ananas comosus*) mediante radiación solar en un secador directo. (2020). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 5 (2020): 145-148.
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volum5/5/3/29.pdf>
- Catania, C. y Avagnina, S. Curso superior de degustación de vinos. EEA Mendoza, 2007. Cap 29.
- Cordero, L. Guarapo: la bebida del pueblo colombiano, en Teatro y fiesta popular y religiosa. Pamplona: Servicio de publicaciones de la Universidad de Navarra, 2013. (p. 79-91).
<https://hdl.handle.net/10171/35169>
- Cornejo, L., Vera, M., Zambrano, M.m, Gorozabel, W. y Garcí, J. Efecto de tres concentraciones de guarapo de caña de azúcar (*Saccharum*) sobre las características físico-químicas en la elaboración de vino de piña (*Ananas comosus*). (2018). *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. 20 (2018): 41-54.
https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i20.1342
- Dias, D., Duarte, W., Schwan, R. Methods of Evaluation of Fruit Wine, en Science and Technology of Fruit Wine Production. Brasil: Universidade Federal de Lavras, 2017. (p. 227-252).
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800850-8.00005-3>
- Díaz, A., Ochoa, C., Vélez, C., Ayala, A., Fernández, A., Delgado, D., Plaza, C., Terán, D., González, V., González, L., Benítez, J., Vargas, C., Escobar, P., Castellanos, D., Moncayo, D., Cortés, L., Rada, A., Barón, O. y Posada, N. Procesos agroindustriales en piña MD2. Primera edición. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia, 2022.
- Fajardo, N., Molina, D., Ospina, M. y García, B. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas de la panela granulada. (1999). *Ingeniería e Investigación*. (43): 34–39.

- <https://doi.org/10.15446/ing.investig.n4.3.21079>
- Fermentis. SafAle™ BE-134. (2018). Disponible en: <https://fermentis.com/en/product/safale-be-134/>. Consultado: 23 de marzo de 2023.
- Gadea, Alonso. Caracterización de la calidad de la fruta de piña híbrido MD-2 (*Ananas comosus*), destinada a proceso para la obtención de jugo pasteurizado y concentrado, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2010. <https://hdl.handle.net/2238/2833>
- Hernández, A. Evaluación de la Calidad e Inocuidad de la Panela de Veracruz, México. (2018). *Agro Productividad*, 10 (11): 35-40. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/68>
- NTC 729-1: Frutas frescas. Piña. Especificaciones. ICONTEC. Colombia, 1996.
- ISO 7218:2007: Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Requisitos generales y guía para los exámenes microbiológicos. International Organization for Standardization. 2007.
- Monereo, S., Arnoriaga, M., Olmedilla, Y., & Martínez de Icaya, P. Papel de las bebidas fermentadas en el mantenimiento del peso perdido. (2016). *Nutrición Hospitalaria*. 33 (4). <https://doi.org/10.20960/nh.343>
- Official Methods of Analysis (15th edition). Association of Official Analytical Chemist. Estados Unidos, 1990.
- Official Methods of Analysis (17th edition). Association of Official Analytical Chemist. Estados Unidos, 2000.
- Parra, P. Caracterización físico-química del proceso de pulverización de panela al vacío. Uniandes, 2002.
- Pérez-Romero, Leocadia F., Manrique-Ysaías, Alan J., Torres-Terrel, Anghie T., Yauri-Mayorga, Diana R., Romo-Huayllani, Jasiel J., Casimiro-Soriano, Enzo M. (2020). Efecto de dos metodologías de secado de rodajas de piña (*ananas comosus*) sobre el contenido nutricional. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN 1692-712 ISSN Impreso 1692-7125 / ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 18 N° 2. Pp: 5 – 25.
- Quiroga, J., Niño, M., Rodríguez, D., Torres, A., Delgado, A. & Chaparro, E.

Determinación de cenizas y humedad de una muestra de piña golden “*Ananas comosus*”. (2022). Disponible en: <https://www.studocu.com/pt-br/document/centro-universitario-senai-cimatec/humanistica-espanol/grupo-1-determinacion-de-cenizas-y-humedad-de-una-muestra-de-pina-gold-ananas-comosus/41736643>. Consultado: 5 de mayo de 2023.

Silva, D., Petit Jiménez, D., Pérez Camacaro, M., & Godoy, Y. Evaluación de la calidad de la materia prima para la elaboración de concentrado de piña. (2018). *Agroindustria, Sociedad Y Ambiente*. 1(10): 59 - 73. <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/1815>

Suárez, C., Garrido, N. y Guevara, C. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. (2016). *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. 50(1): 20-28.