

Efecto del pH y enturbiante en las características fisicoquímicas y organolépticas de una bebida fermentada de jugo de *saccharum officinarum* L. "caña de azúcar"

Effect of pH and turbidity on the physicochemical and organoleptic characteristics of a fermented juice of *saccharum officinarum* L. "sugar cane"

Segundo Víctor Olivares Muñoz¹; Leandro Alexander Vera Julón²

RESUMEN

La investigación tuvo por objetivo determinar el efecto del pH y adición de enturbiante en la elaboración de bebida fermentada de jugo de *Saccharum officinarum* L. "Caña de azúcar"; para lo cual se estableció un diseño bifactorial 3A x 3B, factor A pH (5; 5.5; 6) y factor B la adición de enturbiante (0.5%, 1% , 1.5%); la elaboración fue mediante un proceso tecnológico que combina el conocimiento ancestral y profesional; se obtuvo el jugo de caña de azúcar producido en el Fundo Vitaliano, Chachapoyas, se estandarizó el pH, se fermentó con levadura fresca a 20°C, se agregó el enturbiante antes de la homogenización, se efectuó la evaluación fisicoquímica de acuerdo al análisis de varianza y comparaciones múltiples de Tuckey ($\alpha=0.05$); y sensorial según la prueba de Friedman; se determinó que no existió diferencia significativa entre tratamientos en cada fecha de evaluación; sin embargo entre bloques (Tiempo de evaluación), existió diferencia significativa entre la evaluación a 90 y 120 días en comparación a la evaluación a 3 y 30 días. La bebida resultado del tratamiento 8 (T8); presento tiempo de vida útil de 120 días, aceptación sensorial con calificación me gustaría comprarlo y características fisicoquímicas como pH 5.6; densidad 1.035, sólidos totales 7.2, contenido de alcohol 5.3, acidez total 8.3; extracto etéreo entre 18.2%; proteína total 0.52%; extracto libre de nitrógeno 75.47%; y energía bruta 6571.5 kCal/g.

Palabras clave: enturbiante, evaluación, fermentación, fisicoquímico, pH, sensorial

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the effect of pH and the addition of turbidity in the production of fermented juice of *Saccharum officinarum* L. "Caña de azúcar"; for which a bifactorial design 3A x 3B, factor A pH (5; 5.5; 6) and factor B the addition of turbidity (0.5%, 1%, 1.5%) was established; the elaboration was through a technological process that combines ancestral and professional knowledge; the sugarcane juice produced in the Vitaliano farm, Chachapoyas was obtained, the pH was standardized, fermented with fresh yeast at 20 ° C, the turbidity was added before the homogenization, the physicochemical evaluation was carried out according to the analysis of Tuckey variance and multiple comparisons ($\alpha = 0.05$); and sensory according to the Friedman test; it was determined that there was no significant difference between treatments at each evaluation date; However between blocks (Evaluation time), there was a significant difference between the evaluation at 90 and 120 days compared to the evaluation at 3 and 30 days. The drink resulting from treatment 8 (T8); I present a useful life of 120 days, sensory acceptance with qualification I would like to buy it and physicochemical characteristics such as pH 5.6; density 1.035, total solids 7.2, content of alcohol 5.3, total acidity 8.3; Ethereal extract between 18.2%; total protein 0.52%; 75.47% nitrogen-free extract; and gross energy 6571.5 kCal / g.

Keywords: clouding, evaluation, fermentation, physicochemical, pH, sensory

¹Ingeniero agroindustrial, Profesor auxiliar a Tiempo completo de la Facultad de Ingeniería y Ciencias agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; especialista en docencia y gestión universitaria, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Correo electrónico: sv.olivares@gmail.com

²Estudiante del programa profesional de Ingeniería agroindustrial, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas

I. INTRODUCCIÓN

El Perú produce caña de azúcar desde el siglo XVI, fue introducida por los españoles; fue creciendo sostenidamente por a la ampliación de la frontera agrícola. El rendimiento a pesar de ser alto comparado con otros países, viene cayendo en los últimos años. (Minagri, 2017); la costa es la principal zona productora. (Minagri, 2013); Sin embargo es cultivada en la sierra y selva se cosecha durante todo el año. De las hectáreas sembradas con caña corresponde el 65 % a los 10 ingenios azucareros y el 35 % es manejado por productores particulares, en la sierra y selva no existe información fidedigna de cosechada, se destina a la producción de chancaca, aguardiente, panela, miel y para consumo humano como fruta (Minagri, 2017)

Las comunidades rurales de la región Amazonas, que son vulnerados por la pobreza, producen caña y su procesamiento es con tecnología artesanal, siendo un cultivo básico de auto sustento y con posibilidades de incremento de su frontera productiva (Inei, 2013); entonces la industrialización de esta materia prima se convierte en una oportunidad.

La caña de azúcar está constituida por jugo y fibra, la fibra constituida por celulosa, la cual, a su vez, está constituida por azúcares sencillos como glucosa (dextrosa). (Larrahondo, 1995) Presenta humedad entre 73% y 76%; los sólidos totales entre 10% y 16% y la fibra entre 11% y 16%. Entre los azúcares se encuentra la glucosa y la fructosa (azúcares reductores), que existen en jugos de cañas maduras en una concentración del 1% al 5% (Clarke, Blanco, & Godshall)

La variedad, la edad y las condiciones físicas en que se desarrolla el cultivo, cumplen una función fundamental en la producción de tallos y en la concentración de los azúcares. La edad de cosecha, o período vegetativo del cultivo, depende de la variedad y, principalmente, de la altura sobre el nivel del mar factores que influyen en la concentración de sacarosa. A baja altura la concentración es menor y va aumentando, con la altura, hasta llegar a un máximo teórico de sacarosa del 26%. (Osorio, 2007)

La fermentación es un proceso biológico de fermentación en plena ausencia de aire (oxígeno - O₂), originado por la actividad de algunos microorganismos que procesan los hidratos de carbono para obtener como productos finales: un alcohol en forma de etanol, dióxido de carbono y unas moléculas de ATP, donde la levadura un hongo unicelular responsable de gran parte de las fermentaciones alcohólicas. (Fellows, 1994).

El pH es un factor limitante en el proceso de la fermentación, por regla general el funcionamiento de las levaduras está en un rango que va aproximadamente desde 3.5 a 5.5 pH. (Cheftel, Cheftel, & Bezancon, 1977)

La obtención del producto que tradicionalmente se denomina "Guarapo"; es por fermentación no controlada del jugo de caña de azúcar, es comercializado y consumido de forma directa o a granel; tiene vida útil de aproximadamente siete días; por ello se propone un proceso tecnológico para producir jugo de caña fermentado (guarapo) con características similares al producto fresco, envasado y sellado para lograr un periodo extenso de vida útil.

Se han desarrollado diversas investigaciones relacionadas con la fermentación del jugo de caña de azúcar basado en diferentes variables de estudio, que ayudaron a la toma de decisiones para la presente investigación. Así tenemos:

Se caracterizó el jugo de cinco variedades (Cenicafña 85-92, Cuba 1051-73, Cuba 8751, Barbados 72-74 y Ragnar) de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*); encontrándose que el mayor porcentaje de °Brix obtenido fue de 21,89% correspondiente a T1 (Cuba 1051-73 parte superior) en lo que respecta a azúcares reductores el tratamiento con mayor porcentaje fue Barbados con 1,92% (Cobeña & Loo, 2016)

Se realizó la elaboración de una bebida refrescante y deliciosa a partir de jugo de caña, en el proceso tecnológico se realizó el pesado, lavado, picado, extracción de jugo, filtrado, clarificado, llenado, sellado y etiquetado; resultando un producto con 16.3 °Brix y pH 3.76, color uniforme, olor, sabor y aspecto característico (Aguirre & Poveda, 2017)

Se obtuvo alcohol a partir del mosto de jugo de caña, cachaza y melaza, sometiendo a las materias primas a procesos como recepción, filtrado, dilución, pasteurizado, enfriamiento, fermentación y destilado. Concluyendo como mejor tratamiento A1B1 (Jugo de caña + 0,15 gramos de *S. cerevisiae* por litro de disolución), en el cual se obtuvo mayor rendimiento de alcohol. (Campués & Tarupí, 2011)

Se evaluó la fermentación alcohólica por la levadura *S. cerevisiae* activa seca (LAS), frente a la misma levadura pero que ha provenido de un proceso de adaptación (LA), utilizando como sustrato jugo de caña de azúcar, en ello el pH, °Brix y temperatura a la cual la levadura activa seca (LAS) y la levadura adaptada (LA), tienen una mejor capacidad fermentativa, determinándose para las dos levaduras que a 3.7 de pH, 20 °Brix y a una temperatura de 22 °C tienen una mejor capacidad fermentativa. (Nieto, 2009)

La investigación propuso la elaboración de una bebida fermentada, esterilizada, envasada y sellada; resultado de la determinación del efecto del pH y adición de enturbiantes, que permitió establecer cuál es el pH del jugo de la caña adecuado para la obtención del producto; asimismo la adición porcentual de enturbiantes que evitó la sedimentación o separación sólido líquido del producto; lo cual ha conducido a la obtención de un producto innovado; logrando obtener un producto innovado con un periodo de vida útil más extenso; con características sensoriales agradables al consumidor.

La realización de la investigación significó incentivar la producción de caña de azúcar; ya que se brindó una nueva alternativa para su procesamiento al 35 % de productores o sembradores particulares de los cuales no se tiene información de los productos derivados de la caña (Minagri, 2013).

II. MATERIAL Y MÉTODO

Se utilizó un diseño de tratamientos en arreglo factorial del tipo 2^3 y se ejecutó con un diseño de experimento completamente al azar (Montgomery, 1991); donde el factor A, fue el pH (A1, A2, A3) y el factor B fue la adición de enturbiantes (B1, B2, B3); 9 tratamientos para la elaboración de la bebida,

La caña de azúcar fue seleccionada en los campos de cultivo del Fundo Vitaliano; en la ciudad de Chachapoyas; de propiedad del Sr. Napoleón Mendoza Jiménez, cada tratamiento fue 10 L de jugo de caña; con madurez fisiológica total; mediante el criterio; Brix terminal / Brix basal deber estar entre 0.85 y 1

Obtención de la bebida alcohólica

La elaboración de la bebida alcohólica consta de los siguientes procesos, apronte, selección, pesado, molienda a compresión en molino de rodillos; filtrado, estandarización donde se reguló el pH de acuerdo a los tratamientos, cocción, descachace para eliminar cuerpos extraños, trasvasado para su enfriado, fermentación: donde se adicionó levadura fresca de una fermentación anterior, en 5% P/V; por un tiempo de 48 h; filtración: homogenización donde se adicionó el enturbiantes según tratamiento y se pasó por un molino coloidal; envasado y sellado en botellas de vidrio, pasteurización mediante baño maría a 70°C por 10 min, enfriado y almacenado 20°C.

Análisis sensorial de la bebida

Los panelistas no entrenados evaluaron la aceptación o nivel de satisfacción que tiene el producto. La escala hedónica utilizada fue la de 7 puntos. (Hernandez, 2005); Me gustaría muchísimo

comprarlo (7), Me gustaría mucho comprarlo (6), Me gustaría comprarlo (5), Me es indiferente comprarlo (4), Me disgustaría comprarlo (3), Me disgustaría mucho comprarlo (2) y Me disgusta muchísimo comprarlo (1)

Análisis físico - químico de la bebida

Se midió el pH por método potenciométrico (AOAC., 1990), los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) (AOAC., 1990), el alcohol etílico por destilación fraccionada, acidez titulable por método de titulación, el extracto etéreo (AOAC 920.39), proteína (AOAC 976.05), nitrógeno por Método Kjeldahl; extracto libre de nitrógeno (AOAC 923.03) determinación por cálculo y energía bruta por Bomba calorimétrica, modelo 6200 estilo 1108 PARR Calorimeter. País de fabricación USA

Análisis de datos

Se empleó un experimento factorial 3^3 bajo un diseño completamente al azar para la evaluación fisicoquímica y en bloques completamente al azar para la evaluación sensorial (Montgomery, 1991), mediante la Prueba de Friedman. El factor A esta representado por el pH del jugo de caña y el factor B es el porcentaje de enturbiantes para cada tratamiento, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Descripción de factores

Factor	Descripción	Nivel del factor	
		Símbolo	Referencia
A	pH del jugo de caña de azúcar	A ₁	3.5
		A ₂	4
		A ₃	4.5
B	Porcentaje de enturbiantes	B ₁	0.5%
		B ₂	1 %
		B ₃	1.5 %

III. RESULTADOS

3.1. Características del jugo de caña de azúcar fresco y estandarizado

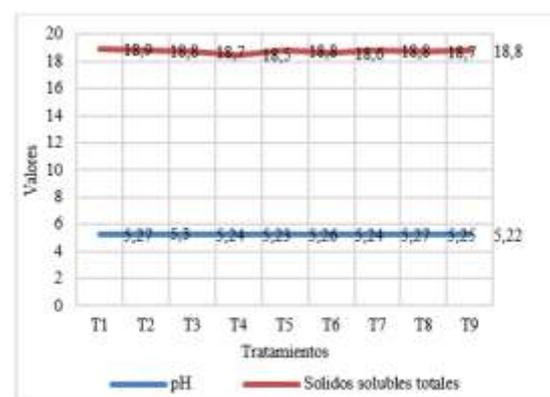


Figura 2. Valores de pH y sólidos solubles totales del jugo de caña de azúcar fresco para cada tratamiento

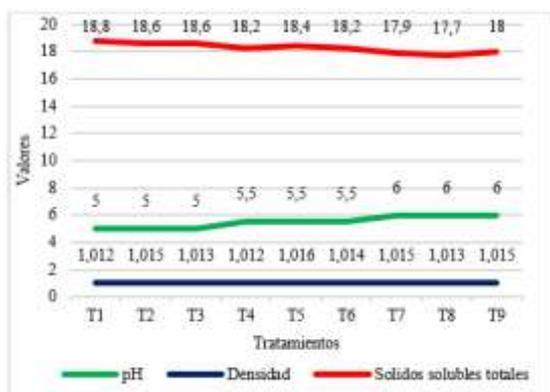


Figura 3. Valores de pH, sólidos totales y densidad del jugo de caña de azúcar estandarizado para cada tratamiento

3.2. Características sensoriales del producto

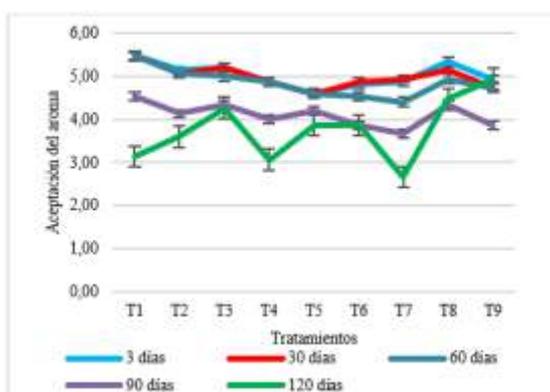


Figura 4. Aceptación del aroma del producto elaborado, evaluado por 3, 30, 60, 90 y 120 días en anaquel para cada tratamiento

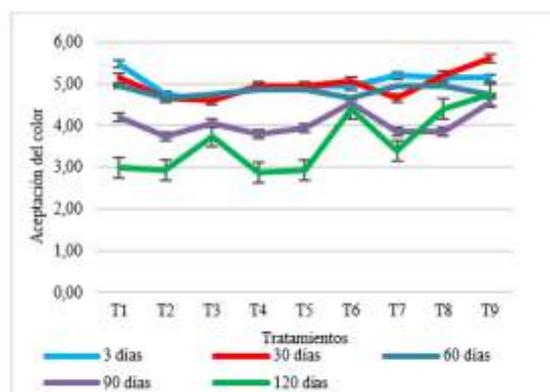


Figura 5. Aceptación del color del producto elaborado, evaluado a los 3, 30, 60, 90 y 120 días en anaquel para cada tratamiento

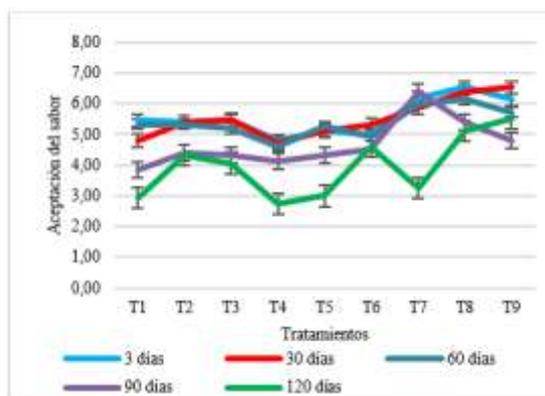


Figura 6. Aceptación del sabor del producto elaborado, evaluado a los 3, 30, 60, 90 y 120 días en anaquel para cada tratamiento

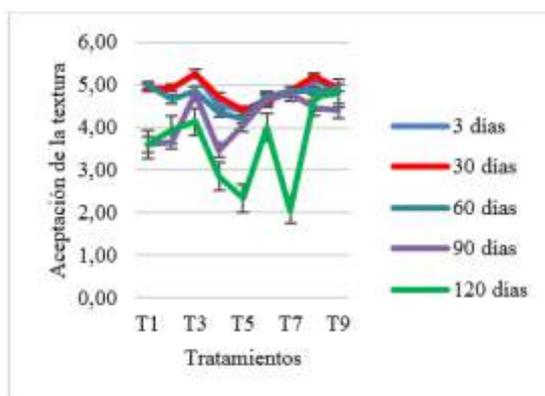


Figura 7. Aceptación de la textura del producto elaborado, evaluado a los 3, 30, 60, 90 y 120 días en anaquel para cada tratamiento

3.3. Características fisicoquímicas del producto obtenido

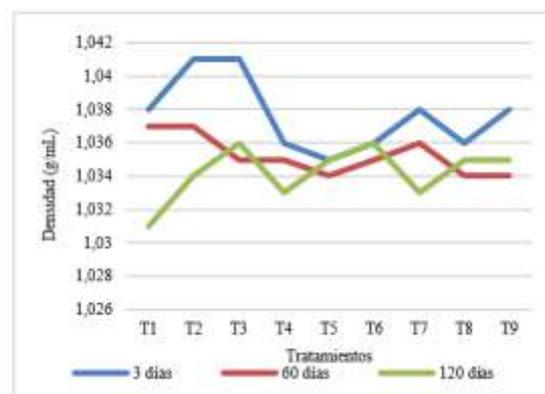


Figura 8. Densidad del producto elaborado, evaluado a los 3, 60 y 120 días en anaquel para cada tratamiento

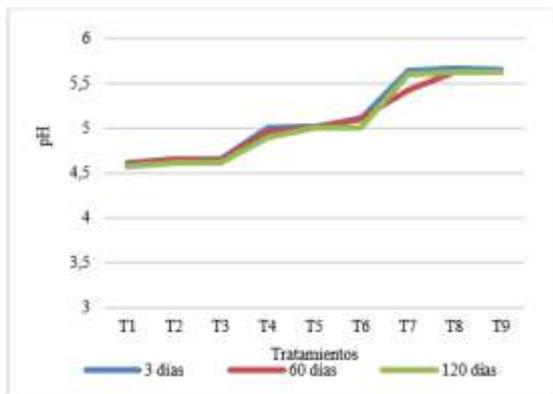


Figura 9. pH del producto elaborado, evaluado a los 3, 60 y 120 días en anaquel para cada tratamiento

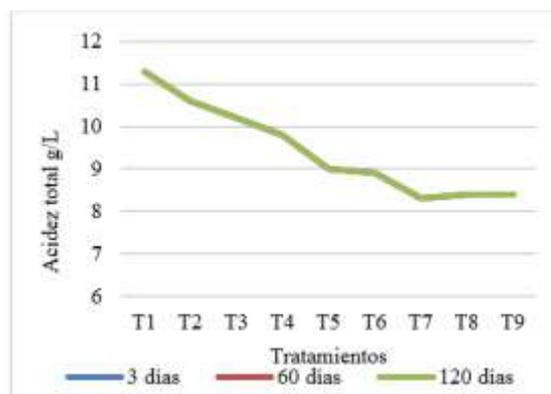


Figura 12. Acidez total del producto elaborado, evaluado a los 3, 60 y 120 días en anaquel para cada tratamiento

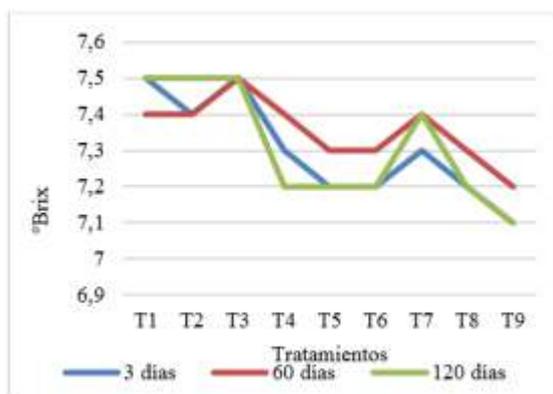


Figura 10. °Brix del producto elaborado, evaluado a los 3, 60 y 120 días en anaquel para cada tratamiento



Figura 11. Cantidad de alcohol del producto elaborado, evaluado a los 3, 60 y 120 días en anaquel para cada tratamiento

Tabla 2. Evaluación química de los mejores tratamientos

Tratamiento	Extracto Etéreo (%)	Proteína Total (%)	Extracto libre de nitrógeno (%)	Energía bruta (kCal/g)
T8	18.2	0.52	75.47	6571.5
T9	18.4	0.54	74.46	6493.2

IV. DISCUSIÓN

Nieto, (2009), en su trabajo evaluación de las condiciones de la fermentación alcohólica utilizando *S. cerevisiae* y jugo de caña de azúcar como sustrato para obtener etanol, que la adaptación de la levadura se realizó en jugo de caña de azúcar a pH 4.7; 20 °Brix y a 28 °C; en el presente trabajo, por esa condición y sabiendo de la importancias del pH y el °Brix; se trabajó con jugo fresco de caña de azúcar a pH promedio de 5.25 y °Brix en promedio de 18.73(Figura 2); debemos tener en cuenta también la estación del año que fue verano y la altitud de 2365 m.s.n.m de Chachapoyas. Asimismo en la figura 3, se muestra los valores de pH, sólidos totales y densidad del jugo de caña de azúcar estandarizado para cada tratamiento para iniciar el proceso de fermentación.

Campués & Tarupí, (2011); realizó la obtención de alcohol a partir del mosto de jugo de caña, cachaza y melaza; evaluó como variables de estudio los sólidos solubles y pH; los aldehídos, alcoholes superiores, ester, metanol y rendimiento en el producto final; en el análisis sensorial: color, olor y sabor; de los cual el mejor tratamiento fue Jugo de caña + 0,15 gramos de *S. cerevisiae* por litro de disolución; en comparación en la investigación se trabajó de forma

similar, se agregó levadura en 5% p/V, teniendo como variables el pH y cantidad de enturbiante; donde la evaluación sensorial por 5 oportunidades en 120 días, mediante el análisis de la aceptación de aroma, color, sabor y textura vistas en las figuras 4, 5, 6 y 7; y mediante la aplicación de la prueba de Friedman ($p < 0,05$), se determinó que no existe diferencia significativa entre tratamientos; sin embargo entre bloques en razón del tiempo existe diferencia significativa entre la evaluación a 90 y 120 días en comparación a la evaluación a 3 y 30 días.

La fermentación del jugo de caña de azúcar es un proceso tecnológico básico o vital para la obtención de diversos productos derivados (IICA, 2007); existe otras realidades de zonas rurales donde se realiza la fermentación como medio para la generación de alcohol y por destilación el aguardiente (Minagri, 2017); en contraste se propone la sostenibilidad de la producción principalmente incrementando el periodo de vida útil que se logra demostrar en las figuras 8, 9, 10, 11 y 12, donde claramente se nota la estabilidad de la densidad, pH, °Brix y acidez total por el espacio de 120 días (Tratamientos T8 y T9).

Nieto, (2009); evaluó la fermentación alcohólica por la levadura *S. cerevisiae* activa seca (LAS), frente a la misma levadura pero que ha provenido de un proceso de adaptación (LA), utilizando como sustrato jugo de caña de azúcar, se determinó para las dos levaduras que a 3.7 de pH, 20 °Brix y a una temperatura de 22 °C tienden una mejor capacidad fermentativa; según los resultados en la presente investigación según la Figura 11 se muestra la cantidad de alcohol del producto elaborado, evaluado a los 3, 60 y 120 días en anaquel para cada tratamiento, manteniéndose constante la concentración alcohólica en un rango de 5 °GL (T7) y 5.6 °GL (T5); para el mejor tratamiento se efectuó la fermentación a 20°C, a un pH de 6; obteniéndose un producto final con pH 5.5 y aceptabilidad del consumidor con calificación sensorial de me gusta mucho.

Según Olarte (2007) en la investigación denominada determinación de los niveles de etanol, metanol y acetaldehído en el guarapo elaborado en los municipios de Cundinamarca - Colombia, concluye que el guarapo es una sustancia que posee niveles significativos de etanol (en promedio 3%) que lo hacen una bebida alcohólica, que culturalmente se ha consumido como una bebida refrescante, con dudosas propiedades nutricionales, en contraste en la presente investigación se ha demostrado con los resultados que la estabilidad del

pH (Figura 9), donde se mantiene la tendencia establecida en la estandarización, con una leve disminución, el °Brix (figura 10), muestra una leve disminución no significativa y la Acidez total (figura 12) no tiene variación significativa y se mantiene en el rango de 11.4 g/L (T1) y 8.2 g/L (T7).

Se determinó la concentración de etanol, acetaldehído y metanol en el guarapo consumido por los pacientes con cirrosis hepática alcohólica en el departamento de Cundinamarca. En ninguna muestra se encontró metanol y en 41 muestras se determinaron niveles de acetaldehído.. (Olarte, Martínez, Acosta, & Garzón, 2007); en la presente investigación se ha realizado la evaluación química registrada en la tabla 2, indica que los tratamientos T8 y T9; presentan características de extracto etéreo entre 18 % y 18.4%; proteína total entre 0.52% y 0,54%; extracto libre de nitrógeno entre 75.47% y 74.46%; y energía bruta (entre 6571.5 kCal/g y 6493.2 kCal/g respectivamente).

Según Gallardo (2001), menciona en su trabajo clarificación del guarapo de caña de azúcar en la producción de panela, se logran excelentes resultados con el uso de polímeros como floculantes, tanto por tiempo, precio y por la calidad de los jugos obtenidos. En la investigación se usó la filtración para la clarificación sin embargo el objetivo principal fue la separación de sólidos se realizó mediante un filtrado y se consideró no adecuado para el guarapo ya que tiene mejor presentación sin clarificar.

Bello (2005), menciona en su investigación denominada Fermentación alcohólica con jugo de caña mezclado en Heriberto Duquesne, concluye que el empleo de cepas de levadura productoras específicas de etanol, influye positivamente en la concentración alcohólica del medio, comparativamente a la concentración obtenida en la presente investigación no se utilizó cepas seleccionadas, se utilizó levadura resultado de un proceso de fermentación anterior de guarapo, con la finalidad de mantener la tecnología tradicional o artesanal.

La Norma Técnica Nicaragüense denominada NTN 03 008 – 13, (Dirección de Regulación de los Alimentos MINSA, 2013) establece las características de la bebidas Alcohólicas Fermentadas, vinos de frutas y/o plantas tropicales, como son grado alcohólico entre 5 a 18; Acidez total, expresada como ácido acético entre 3% y 16%, pH 2.8 a 4, Sólidos solubles (%) entre 5 y 12; en la investigación los resultados indican que la bebida

elaborada esta en el rango; se tiene 5.5 °GL, sólidos entre 7.1 a 7.5 y ácido acético 8,2 g/L (T8 y T9).

V. CONCLUSIONES

El efecto del pH y adición de enturbiante en la elaboración de una bebida fermentada de jugo de *Saccharum officinarum* L. “Caña de azúcar” permitió elaborar una bebida con vida útil de 4 meses; aceptación sensorial y características fisicoquímicas para el consumo, resultado del manejo de pH 6 y 1% de adición de enturbiante (T8)

La bebida resultado del tratamiento 8 (T8); presento aceptación sensorial con calificación me gustaría comprarlo; del aroma, color, sabor y textura y características fisicoquímicas como pH 5.6; densidad 1.035, solidos totales 7.2, contenido de alcohol 5.3, acidez total 8.3; extracto etéreo entre 18.2%; proteína total 0.52%; extracto libre de nitrógeno 75.47%; y energía bruta 6571.5 kCal/g.

La evaluación sensorial por un periodo de 120 días, de la aceptación del aroma, color, sabor, textura vistas en las figuras 4, 5, 6 y 7; analizados por aplicación de la prueba de Friedman ($p < 0,05$), y la evaluación fisicoquímica según análisis de varianza y prueba Tuckey; determinó que no existe diferencia significativa entre tratamientos; sin embargo entre bloques en razón del tiempo existe diferencia significativa entre la evaluación a 90 y 120 días en comparación a la evaluación a 3 y 30 días; determinándose como mejor tratamiento el T8, (pH:6 y 1% de enturbiante).

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, M., & Poveda, C. (2017). Jugo de caña de azúcar envasado en vidrio. 6. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14844/1/Jugo%20de%20Ca%C3%B1a%20de%20azucar%20envasado%20en%20vidrio.pdf>
- Bello, D., García, R., Otero, M. A., & Saura, G. (2005). Fermentación alcohólica con jugo de caña mezclado en Heriberto Duquesne. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), XXXIX(2), 29 - 34.
- Campués, J. K., & Tarupí, J. C. (2011). Obtención de alcohol a partir de jugo de caña, cachaza y melaza, mediante la incorporación de dos niveles de fermento (*Saccharomyces cerevisiae*). Ibarra - Ecuador: Universidad técnica del norte.
- Chávez, M. (2005). La caña de azúcar como materia prima para la producción de alcohol carburante . En memorias seminario: Antecedentes y Capacidad Potencial de Cogenerar Energía y Producir Etanol. San José - Costa Rica : Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA).
- Cheftel, J. C., Cheftel, H., & Bezancon, P. (1977). Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos (Vol. I). Zaragoza: Acribia.S.A.
- Cobeña, J. J., & Loor, I. F. (2016). Caracterización físico-química del jugo de cinco variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la hacienda el Jardín . Calceta: Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix Lopez.
- Díaz, A., Campos, F., Díaz, A. O., Hernandez, Y., & López, P. (2007). Evaluación de los parámetros de secado para la obtención de guarapo deshidratado empleando un secador por aspersión. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, XLI(1), 48 - 51.
- Dirección de Regulación de los Alimentos MINSA. (2013). La Norma Técnica Nicaragüense denominada NTN 03 008 13 Bebidas Alcohólicas Fermentadas. Vinos de frutas y/o plantas tropicales. Nicaragua: Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento, Industria y Comercio.
- Fellows, P. (1994). Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y práctica . Zaragoza - España: Editorial Acribia.
- Goode, W. J., & Hatt, P. K. (1986). Métodos de Investigación Social (Décima cuarta edic. ed.). México: Ed. Trilla.
- Hernandez, E. (2005). Evaluación sensorial. Bogotá: Facultad de ciencias básicas e ingeniería - Universidad nacional abierta y a distancia.
- IICA. (2007). Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas: i.etanol. San José , Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Inei. (2013). IV Censo nacional agropecuario 2012. Lima - Perú: Instituto nacional de estadística e informática - Ministerio de

- agricultura y riego.
- Larrahondo, J. E. (1995). Calidad de la caña de azúcar. En Cenicaña. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, 337 - 354. Cali, Colombia: Cenicaña.
- Minagri. (2013). Estadística Agroindustrial . Lima - Perú: Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos - Ministerio de agricultura y riego.
- Minagri. (2017). Producción de Caña de azúcar en el Perú, Perspectivas. Lima - Perú: Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria - Dirección general de políticas agrarias.
- Montgomery, D. C. (2004). Diseño y análisis de experimentos . México: Limusa S.A. Wiley.
- Nieto, H. O. (2009). Evaluación de las condiciones de la fermentación alcohólica utilizando *Saccharomyces cerevisiae* y jugo de caña de azúcar como sustrato para obtener etanol. Sangolqui: 142.
- Olarte, M. F., Martínez, J. D., Acosta, P., & Garzón, M. A. (2007). Determinación de los niveles de etanol, metanol y acetaldehído en el guarapo elaborado en los municipios de Cundinamarca. Revista Colombiana de Gastroenterología, 97 - 103.
- Osorio, G. (2007). Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM- en la Producción de Caña y Panela. Manual técnico. Colombia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO.
- Otero, M. A., García, R., Pérez, M. C., Martínez, J. A., Vasallo, M. C., Saura, G., & Bello, D. (2009). Producción de bioetanol a partir de mezclas de jugos-melazas de caña de azúcar. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, 17 - 22.
- Peña, C., & Arango, R. (2008). Evaluación de la producción de etanol utilizando cepas recombinantes de *Saccharomyces cerevisiae* a partir de melaza de caña de azúcar. Dyna, 76(159), 153 - 161.
- Romero, E. R. (2009). Manual del cañero. Argentina: Estación Experimental Agroindustrial Obispo Solís, J. A., Calleja, K., & Durán de Bazúa, M. (2010). Desarrollo de jarabes fructosados de caña de azúcar a partir del guarapo. Tecnología, Ciencia, Educación, 25(1), 53 - 62.