

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**“ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA A PARTIR DE
CARAMBOLA (*Averrhoa carambola* L.) SUPLEMENTADO CON
PANELA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Autores: Bach. JANET YAJAIRA SÁNCHEZ BAUTISTA
Bach. MELISSA YUDITH MONTENEGRO DÍAZ

Asesor: Mg. POLITO MICHAEL HUAYAMA SOPLA

Jaén-Perú, Julio, 2021

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 05 de julio del año 2021, siendo las 18:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Lenin Quiñones Huatangari

Secretario: Mg. Yuriyo Sumiyo Murillo Domen

Vocal: Mg. José Celso Paredes Carranza, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

() Trabajo de Investigación

(X) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "Elaboración de una bebida alcohólica a partir de carambola (*Averrhoa carambola* L.) suplementado con panela", presentado por estudiante/egresado o Bachiller Janet Yajaira Sánchez Bautista y Melissa Yudith Montenegro Díaz de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

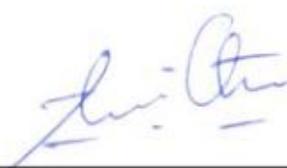
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | (17) |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 19:10 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Presidente



Secretario



Vocal

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRAC.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo General.....	4
2.2. Objetivo Específico.....	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
3.1. Material Biológico.....	5
3.2. Reactivación de la cepa.....	5
3.3. Desarrollo del inóculo.....	5
3.4. Preparación del medio base.....	6
3.5. Fase pre-fermentativa: Acondicionamiento de los biorreactores.....	7
3.6. Fase fermentativa: Proceso de producción de etanol.....	7
3.7. Fase post-fermentativa.....	7
3.8. Optimización del proceso de fermentación.....	8
3.9. Producción de bebida alcohólica de carambola de mayor rendimiento en etanol ..	9
3.10. Análisis fisicoquímicos de la bebida alcohólica.....	9
IV. RESULTADOS.....	13
V. DISCUSIÓN.....	23
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	26
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
DEDICATORIA.....	31

Diogo *Barcelos*

Henrique

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Valor de las variables a evaluar con el diseño estadístico de Box-Behnken.....	6
Tabla 2:	Diseño estadístico de Box – Behnken para evaluar las tres variables independientes.....	7
Tabla 3:	Análisis fisicoquímico de la fruta.....	12
Tabla 4:	Análisis fisicoquímico de la panela.....	12
Tabla 5:	Rendimientos promedio de etanol de cada medio de diferente concentración de componentes, aplicando el diseño estadístico de Box – Behnken.....	13
Tabla 6:	Coefficientes de regresión para el rendimiento de etanol (% vol.) en función de sulfato de amonio, panela y tiempo.....	14
Tabla 7:	Análisis de la varianza para rendimiento de etanol (% vol.) en función de sulfato de amonio, panela y tiempo.....	15
Tabla 8:	Ruta ascendente para el rendimiento de etanol (% vol.) en función de sulfato de amonio, panela y tiempo pronosticado.....	16
Tabla 9:	Valores óptimos de las variables independientes.....	16
Tabla 10:	Valores óptimos de las variables independientes.....	17
Tabla 11:	Valores óptimos de las variables independientes.....	17
Tabla 12:	Condiciones de operación del proceso de fermentación para producción de la bebida alcohólica de carambola.....	21
Tabla 13:	Control periódico de la fermentación alcohólica en la obtención de la bebida alcohólica de carambola.....	21
Tabla 14:	Análisis organoléptico de la bebida alcohólica de carambola	21
Tabla 15:	Resultados obtenidos y los datos según NTP 212 014 2011 para la bebida alcohólica de carambola.....	22
Tabla 16:	Medición de pH durante los días de fermentación de cada experimento.....	39
Tabla 17:	Medición de °Brix durante los días de fermentación de cada experimento.....	40
Tabla 18:	Composición nutricional en fruto de carambola.....	41
Tabla 19:	Composición química de la panela.....	42
Tabla 20:	Determinación de concentración de etanol en destilados.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Flujograma del proceso de obtención de la bebida alcohólica	11
Figura 2: Influencia del efecto de las variables para la producción de etanol.....	18
Figura 3: Efectos principales de las variables para la producción de etanol.....	18
Figura 4: Superficie respuesta de etanol (% vol.) en función sulfato de amonio – panela (tiempo: 6 días). Mantenido en 12% vol. de etanol.....	19
Figura 5: Superficie respuesta de etanol (% vol.) en función panela – tiempo (sulfato de amonio 300 mg/L). Mantenido en 12% vol. de etanol.....	20
Figura 6: Superficie respuesta de etanol (% vol.) en función sulfato de amonio – tiempo (panela 190 g/L). Mantenido 12% vol. de etanol.....	20
Figura 7: Variación del pH con respecto al tiempo, durante la fermentación alcohólica (mínimo, optimo y máximo).....	22
Figura 8: Variación del pH con respecto al tiempo durante la fermentación.....	23
Figura 9: Carambola (<i>Averrhoa carambola</i> L.).....	32
Figura 10: Licuado de la pulpa.....	32
Figura 11: Reactivación de levadura NCYC 1425 <i>Kluyveromyces Marxianus</i>	33
Figura 12: Cepa NCYC 1425 <i>Kluyveromyces marxianus</i>	33
Figura 13: Comparación con el tubo de Mc Farland.....	34
Figura 14: Tubos de Mc Farland.....	34
Figura 15: Inoculación de la levadura NCYC 1425 <i>Kluyveromyces marxianus</i>	35
Figura 16: Biorreactores para la obtención de alcohol del jugo de carambola.....	35
Figura 17: Titulación de la bebida alcohólica.....	36
Figura 18: Destilación de la bebida alcohólica de carambola mediante el destilador simple...	36
Figura 19: Medición de concentración de alcohol usando el alcoholímetro.....	37
Figura 20: Probeta con la bebida alcohólica para obtener la densidad.....	37
Figura 21: Degustación de la bebida alcohólica de carambola.....	38

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo elaborar una bebida alcohólica a partir de carambola (*Averrhoa carambola L.*) suplementado con panela, para la cual utilizamos levadura NCYC 1425 *Kluyveromyces marxianus* y la variable respuesta fue obtener el mejor rendimiento de etanol. Se usó el diseño estadístico Box–Behnken y los valores de las variables evaluadas fueron 100, 190 y 280 g de panela/L; 240, 300 y 360 mg de sulfato de amonio/L y 4, 6 y 8 días de fermentación. Se obtuvo una concentración óptima de etanol de 12% vol., cuando los valores de las variables fueron: 280 g de panela/L de medio, 300 mg de sulfato de amonio/L de medio y 4 días de fermentación. A los resultados se les aplicó el análisis de regresión múltiple para obtener líneas de superficie de respuesta para la concentración de etanol (% vol.). Los gráficos estadísticos se elaboraron según el software Statgraphics Centurión XVI donde se predijo una concentración óptima de 12% vol. de etanol si se trabaja con un medio que contiene 275 g panela/L, 240 mg sulfato de amonio/L y se fermenta durante 6 días para luego ser sometida a evaluación organoléptica y análisis fisicoquímicos de acuerdo a la NTP 212 014.

Palabras clave: Bebida alcohólica, carambola, panela, *Kluyveromyces marxianus*.

ABSTRAC

The objective of this research was to elaborate an alcoholic drink from carambola (*Averrhoa carambola* L.) supplemented with panela, for which we used yeast NCYC 1425 *Kluyveromyces marxianus* and the response variable was the highest ethanol yield. The Box – Behnken statistical design was used and the values of the variables evaluated were 100, 190 and 280 g of panela / L; 240, 300 and 360 mg of ammonium sulfate / L and 4, 6 and 8 days of fermentation. An optimal ethanol concentration of 12% vol. Was obtained, when the values of the variables were: 280 g of panela / L of medium, 300 mg of ammonium sulfate / L of medium and 4 days of fermentation. Multiple regression analysis was applied to the results to obtain response surface lines for ethanol concentration (% vol.). Statistical graphs were prepared according to the Statgraphics Centurión XVI software where an optimal concentration of 12% vol was predicted. of ethanol if you work with a medium that contains 275 g panela / L, 240 mg ammonium sulfate / L and is fermented for 6 days to then be subjected to organoleptic evaluation and physicochemical analysis according to NTP 212 014.

Keywords: Alcoholic beverage, carambola, panela, *Kluyveromyces marxianus*.



I. INTRODUCCIÓN

En la provincia de Jaén se cuenta con una producción considerable de carambola, la cual no se le está dando la debida importancia en el consumo como fruta fresca, tampoco procesada, por la falta de tecnología, mercado, e interés de la población, conllevando a tener una producción donde el fruto se deteriora en su propia planta. Dicha fruta no ha logrado posicionar un nicho de mercado debido al desconocimiento técnico de su manejo, de las ventajas nutricionales que posee y al bajo consumo que existe en la ciudad.

El estudio está enfocado en la obtención de un producto innovador con valor agregado; ofreciendo al mercado una opción de degustación de este fruto, optar por consumirlo en fresco y procesado, también como base de emprendimiento de negocios y poder diseñar una planta de proceso, generar ingresos económicos para las personas vinculadas a este sector y puedan mejorar su condición de vida.

La carambola es un fruto tropical que tiene una alta actividad antioxidante, bajo valor calórico, buen contenido de vitamina A y C y minerales como calcio, fósforo y potasio de importancia en la nutrición humana (Mateus *et al.*, 2015).

La panela es un edulcorante natural obtenido por concentración del jugo de la caña de azúcar en establecimientos denominados trapiches; se caracteriza por su alta concentración de azúcares, contenido de minerales y trazas de vitaminas (Mujica *et al.*, 2008).

Según (Téllez y Cote, 2006), el alcohol etílico es conocido como etanol, alcohol vínico y alcohol de melazas, es un líquido incoloro y volátil de olor agradable, que puede ser obtenido por dos métodos principales: la fermentación de las azúcares y un método sintético a partir del etileno. Además afirman que la fermentación de los azúcares, es el proceso más común para su obtención a partir de macerados de granos, jugos de frutas,

miel, leche, papas o melazas, utilizando levaduras que contienen enzimas catalizadoras que transforman los azúcares complejos a sencillos y a continuación en alcohol y dióxido de carbono. (pág. 33)

Según (Cortés *et al.*, 2017), las levaduras son ampliamente utilizadas en procesos biotecnológicos para la producción de alimentos, bebidas, enzimas y fármacos. Levaduras de los géneros *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Debarromyces* y *Yarrowia* poseen un rol importante en el campo de la biotecnología. Sin embargo, debido al constante desarrollo del sector biotecnológico, es que existe un creciente interés en la utilización de las llamadas levaduras “no convencionales”. (pág. 17).

Kluyveromyces marxianus se caracteriza por ser cepas termo-tolerantes y tener la capacidad de asimilar los azúcares y producir etanol a temperaturas de 40 a 45 °C (Cortés *et al.*, 2017, pág. 22).

En lo nacional en la investigación “Elaboración de bebida alcohólica de *Inga feuillei* “guaba” suplementado con panela y fermentado con *Saccharomyces cerevisiae*” de la revista “Conocimiento para el desarrollo” de la universidad San Pedro, Chimbote – Perú. (Huayama *et al.*, 2015) afirman que:

Se obtuvo una concentración máxima de etanol de 87,09 g/L de medio (13,5% vol. etanol), cuando los valores de las variables fueron: 100 g de panela/L de medio, 180 mg de sulfato de amonio/L de medio y 2 días de fermentación. (pág. 6)

En la tesis titulada "Obtención de una bebida alcohólica fermentada a partir de la beterraga edulcorado con panela y aromatizado con fruto de papayita de monte" de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas– Perú. (Huamán y Navarro, 2016, p. 14) afirman que:

El mejor tratamiento se logró al emplear una dilución jugo: agua (1 :4) y aromatizado con 5% de pericarpio y 15% de semillas de frutos de papayita de monte, donde se registró un nivel de pH 3,43, Brix 14,33, Be 5,18 y un rendimiento alcohólico de 11,48% v/v, obteniéndose las mejores puntuaciones en la evaluación sensorial, obteniéndose un producto aceptable. (pág. 14)

En la tesis titulada “Evaluación de los factores relación pulpa-agua, corrección de °brix y corte de fermentación, para la obtención de una bebida alcohólica fermentada

organolépticamente aceptable a partir de (*Averrhoa carambola* L.) “Carambola” en Chulucanas” de la Universidad Católica Sedes Sapientiae. “Los resultados del análisis fisicoquímico del mejor tratamiento (T4) (A1B2C2), determinaron que la bebida alcohólica fermentada de carambola presentaba 13,24 grados de alcohol, con 20 °Brix, pH de 3.50 y un porcentaje de acidez de 0.457” (Winchonlong, 2014).

En lo internacional en la investigación “Obtención de una bebida alcohólica a partir de carambola (*Averrhoa carambola* L.), de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo – Ecuador. (Villaroel et al., 2015) afirman que:

El fosfato de amonio ayuda a acelerar la fermentación, pero también ayuda a mantener el pH durante el proceso fermentativo, los resultados reportados de 3.47 y 3.57 permite que el fosfato de amonio mantenga el pH en valores normales reportados anteriormente, el pH aporta en el mejoramiento de las características favorables en especial con la apariencia, ya que es un factor muy importante dentro de la elaboración de vinos mejorando sus características sensoriales. (pág. 4).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- ✓ Elaborar una bebida alcohólica a partir de carambola (*Averrhoa carambola L.*) suplementado con panela.

2.2. Objetivo Específico

- ✓ Realizar un análisis fisicoquímico de la materia prima.
- ✓ Determinar los valores óptimos de las variables para la elaboración de la bebida alcohólica fermentada.
- ✓ Realizar un análisis fisicoquímico de la bebida alcohólica.
- ✓ Realizar un análisis organoléptico de la bebida alcohólica.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material Biológico

- Carambola (*Averrhoa carambola* L.) proveniente del distrito de Jaén, provincia de Jaén, Región Cajamarca (2019).
- Levadura NCYC 1425 *Kluyveromyces marxianus* proveniente de la Universidad Nacional de Trujillo.
- Panela (Industria hoja verde E.I.R.L.)

3.2. Reactivación de la cepa

La cepa de NCYC 1425 *Kluyveromyces marxianus* estuvo contenida en un vial con papa agar dextrosa (PDA), se tomó con el asa bacteriológica una pequeña porción de la misma, se sembró en dos placas Petri con el mismo medio, luego se incubó a 37 °C por un periodo de 24 - 48 horas hasta obtener biomasa quedando éste como cultivo estock, a partir de los cuales se realizó el desarrollo del inóculo.

3.3. Desarrollo del inóculo

3.3.1. Preparación del medio

Se preparó el medio PDA constituido por agar, infusión de papa blanca y dextrosa. Para ello se disolvió el agar en la infusión de papa por calentamiento en una cocina eléctrica, luego se enfrió hasta una temperatura de 50 °C y se procedió a servir en un matraz erlenmeyer de 500 ml al que se colocó un tapón de algodón y se esterilizó en autoclave a una presión de 15 lb/pulg² y 121 °C por 15 minutos, luego de salir de la autoclave se dejó que solidifique a temperatura ambiente y posteriormente quedó en refrigeración.

3.3.2. Siembra de la cepa

Una vez desinfectada la mesa de trabajo y con tres mecheros encendidos, se utilizó un asa bacteriológica previamente esterilizada en la llama de un mechero, para

tomar una muestra de la placa Petri donde se encontraba la cepa y se procedió a colocar en 3 tubos de ensayo que contenían 10 ml de agua destilada estéril. Luego se homogenizó el contenido hasta que tome un color blanquecino. Luego se hizo la comparación con los tubos de Mc Farland, utilizando como muestra el número 5, el cual sirve para el recuento de levaduras. Se sirvió agar PDA a las 15 placas Petri y posteriormente se realizó la siembra y dejamos en incubación a 37°C por 24 horas para el desarrollo de la levadura hasta obtener una delgada película.

3.4. Preparación del medio base

Se seleccionó las carambolas en base a su característica física, seguidamente se las lavó y se sacaron las aristas con cuchillo. Se cortaron las carambolas en pequeños trozos y se extrajo el jugo mediante licuado, luego se filtró sobre la tela organza separando el filtrado de los restos sólidos.

El jugo de carambola filtrado viene a ser el medio base o mosto. Luego se realizó el pasteurizado del jugo a 65 °C por 30 minutos, inmediatamente después se corrigió su Ph inicial de 2.80 a 3.50 y se suplementó con panela y sulfato de amonio, según los valores dados en la Tabla 1, de acuerdo a lo necesario para cada experimento indicado en la Tabla 2. Se bajó la temperatura a 35 °C y se procedió a la inoculación de 15×10^8 cél/mL de NCYC 1425 *Kluyveromyces marxianus* para el proceso de fermentación de acuerdo al diseño experimental de Box – Behnken (Tabla 2).

Concentración		(NH ₄)SO ₄	Panela	Fermentación
		(mg/L)	(g/L)	(días)
		A	B	C
Alta	(1)	360	280	8
Media	(0)	300	190	6
Baja	(-1)	240	100	4

Tabla 1: Valor de las variables a evaluar con el diseño estadístico de Box- Behnken.

3.5. Fase pre-fermentativa: Acondicionamiento de los biorreactores

Los biorreactores fueron baldes de plástico de 2500 ml de capacidad, con las mismas características y proporciones geométricas (Anexo, figura 12). Para realizar los experimentos, se emplearon 15 biorreactores.

A cada biorreactor se le incorporó un dispositivo para la salida del CO₂, al cual se le conectó una manguera que fue conectada a una botella con agua que contenía metabisulfito para evitar la entrada de oxígeno.

Número de experimento	Variables		
	A	B	C
1	-1	-1	0
2	-1	1	0
3	1	-1	0
4	1	1	0
5	-1	0	-1
6	-1	0	1
7	1	0	-1
8	1	0	1
9	0	-1	-1
10	0	-1	1
11	0	1	-1
12	0	1	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

Tabla 2: Diseño estadístico de Box – Behnken para evaluar las tres variables independientes.

Fuente: Diseño y Análisis de experimentos-Montgomery (2004)

3.6. Fase fermentativa: Proceso de producción de etanol

A cada biorreactor se colocó 2000 ml de medio base, se suplementó con panela y sulfato de amonio, de acuerdo a lo establecido en el diseño de Box – Behnken (Tabla 2). Luego se homogenizó y se selló herméticamente el biorreactor, dejando un respiradero de purga para eliminar el CO₂ producto de la reacción. Se incubó en el rango de 25 a 30 °C en una incubadora del laboratorio de Tecnología de Alimentos.

3.7. Fase post-fermentativa

Después de cada período fermentativo fueron tomadas muestras de los mostos para determinar la concentración de etanol (% vol.). Luego se cortó la fermentación con

metabisulfito (0.23g/L) y se clarificó con bentonita (3g/L). Se esperó 10 días para que sedimente el vino para realizar el trasiego.

3.8. Optimización del proceso de fermentación

Existen diversas variables de las cuales depende el proceso de fermentación; para esta investigación se han considerado como las más importantes a las variables concentración de panela, concentración de sulfato de amonio y tiempo de fermentación. Los valores de estas variables han sido evaluados siguiendo el diseño de Box – Behnken, los resultados se emplearán para dar valor agregado a la carambola de la ciudad de Jaén. Luego de haber realizado todos los ensayos experimentales, y teniendo los datos de concentración de etanol, que es la variable respuesta; se procedió a realizar el análisis estadístico para determinar los valores óptimos de las variables.

3.8.1. Análisis estadístico

El nivel óptimo de cada variable independiente fue determinado usando las técnicas de Optimización de Superficie de Respuesta, el cual será aplicado a las 3 variables independientes y sus relaciones se ajustaron a la ecuación (1).

$$Z = b_0 + b_1A + b_2B + b_3C + b_4AB + b_5AC + b_6BC + b_7A^2 + b_8B^2 + b_9C^2 \quad (1)$$

Donde:

Z = Variable dependiente (concentración de λ)

A, B, C = Variables independientes

b_0 = Coeficiente de regresión en el punto central

b_1, b_2, b_3 = Coeficientes lineales

b_4, b_5, b_6 = Coeficientes de interacción de segundo orden

b_7, b_8, b_9 = Coeficientes cuadráticos

Para la identificación de un valor óptimo fue necesario estimar la curvatura, para lo cual cada variable será ensayada en 15 niveles mediante el diseño de Box Behnken que es un diseño factorial fraccional.

Los coeficientes del modelo polinomial fueron calculados usando las técnicas de regresión múltiple y luego se escribió las ecuaciones XY polinomiales, las que fueron usadas para generar respuestas y líneas de contorno para las diferentes combinaciones de los niveles de las variables. Todos los cálculos y gráficos estadísticos fueron realizados con el Software Statgraphics Centurión XVI.

3.9. Producción de bebida alcohólica de carambola de mayor rendimiento en etanol

Después de haber optimizado los valores de las variables que influyen en el mayor rendimiento en etanol, durante la producción de la bebida alcohólica de carambola se realizaron controles diarios de:

- pH, utilizando el pH-metro
- Brix, realizando la lectura con el refractómetro portátil.
- Densidad, mediante el uso de la probeta.

Al final del proceso fermentativo se determinó el rendimiento de etanol expresado en % en volumen; para ello se cortó la fermentación con metabisulfito (0,23 g/L). Una vez terminado ese proceso se clarificó con bentonita (3g/L), se guardó durante 10 días para que sedimente y clarifique, para luego hacer el trasiego. Se embotelló la bebida en botellas de vidrio transparente, debidamente higienizada en agua caliente a 85°C por 1 minuto, enjuagadas con alcohol de 96° durante unos instantes y finalmente enjuagadas con agua destilada. Se llenó las botellas con el vino y se cerraron con corchos. Seguidamente se procedió a pasteurizar la bebida a una temperatura de 65 °C durante 5 minutos. Se realizó la degustación del vino por un panel de 30 personas utilizando la escala hedónica (Anexo), determinándose los siguientes caracteres organolépticos:

- Color : característico de la procedencia del vino.
- Sabor : característico de la procedencia del vino.
- Olor : a alcohol
- Aspecto: límpido

3.10. Análisis fisicoquímicos de la bebida alcohólica

Para determinar el grado alcohólico se utilizó la destilación simple. Se realizó la destilación simple usando 200 ml de bebida alcohólica de cada biorreactor, de los cuales se obtuvieron diferentes volúmenes de destilado (Apéndice). Luego, se

procedió a medir la concentración de etanol (% vol.) con el alcoholímetro. A demás, se determinó la acidez cítrica, acidez acética, acidez total y determinación de cloruros; cuyo procedimiento está en el apéndice.

Durán *Buena*

M. J. Tenacé

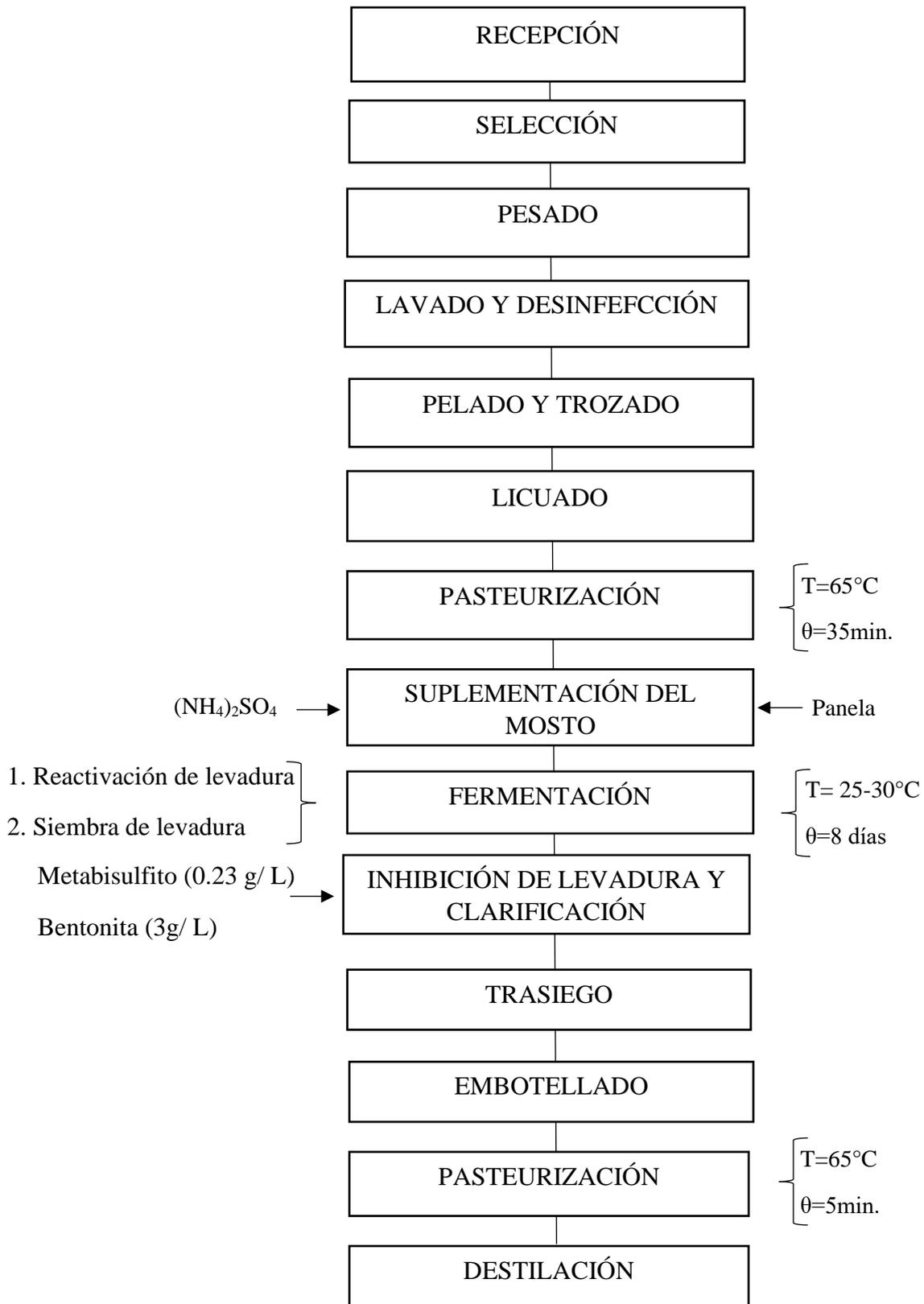


Figura 1: Flujograma del proceso de obtención de la bebida alcohólica.

IV. RESULTADOS

En la tabla 3 se muestra el análisis físico químico de la materia prima (carambola), donde se evaluó el grado de acidez, Brix y pH, para lo cual se extrajo el jugo de la fruta para realizar los análisis correspondientes. Se determinó el pH utilizando un pH-metro, para los grados Brix se utilizó un refractómetro y la acidez se obtuvo mediante titulación.

Análisis fisicoquímico	Resultados
pH	2.95
Brix	7
Acidez	0.505 g/ml

Tabla 3: *Análisis fisicoquímico de la fruta*

En la tabla 4 se muestra el análisis físico químico de la panela, donde se determinó porcentaje (%) de humedad, grados Brix y pH.

Análisis fisicoquímico	Resultados
pH	5.880
Brix	87
Humedad	6.17%

Tabla 4: *Análisis fisicoquímico de la panela*

De los resultados mostrados en la Tabla 5, los valores de las variables independientes del tratamiento 11 son los que permitieron obtener un mayor acercamiento a la variable respuesta.

Número de experimentos	Variable			Rendimiento	
	sulfato de amonio	Panela	Tiempo	Etanol	concentración de etanol
	(mg/L)	(g/L)	(días)	(%Vol)	(g/L)
	A	B	C	X	Y
1	240	100	6	6.30	28
2	240	280	6	11.60	53
3	360	100	6	6.00	20
4	360	280	6	11.60	44
5	240	190	4	6.00	20
6	240	190	8	10.80	36
7	360	190	4	6.00	18
8	360	190	8	8.10	28
9	300	100	4	5.20	16
10	300	100	8	8.50	30
11	300	280	4	11.90	46
12	300	280	8	12.10	46
13	300	190	6	6.40	24
14	300	190	6	5.40	18
15	300	190	6	6.10	22

Tabla 5: Rendimientos promedio de etanol de cada medio de diferente concentración de componentes, aplicando el diseño estadístico de Box – Behnken

Los datos de la Tabla 5 fueron procesados en el software Statgraphics Centurión XVI; para obtener los coeficientes de regresión mostrados en las Tablas 6 y 8, que se emplean para escribir las ecuaciones polinomiales respectivas.

Coef. de regresión para Etanol (% vol)		
Coeficiente		Estimado
Constante	b ₀ =	18.7588
A: Sulfato de amonio	b ₁ =	-0.0685903
B: Panela	b ₂ =	-0.056465
C: Fermentación	b ₃ =	-0.314792
AA	b ₄ =	0.000156134
AB	b ₅ =	0.0000138889
AC	b ₆ =	-0.00564583
BB	b ₇ =	0.000283899
BC	b ₈ =	-0.00433333
CC	b ₉ =	0.290521

Tabla 6: Coeficientes de regresión para el rendimiento de etanol (% vol.) en función de sulfato de amonio, panela y tiempo.

Reemplazando en ecuación (1):

$$\begin{aligned} \text{Etanol} = & 18.7588 - 0.0685903 \times A - 0.056465 \times B - 0.314792 \times C + 0.000156134 \times A^2 \\ & + 0.0000138889 \times A \times B - 0.00564583 \times A \times C + 0.000283899 \times B^2 - 0.00433333 \times B \times \\ & C + 0.290521 \times C^2 \end{aligned}$$

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Sulfato de amonio	1.08781	1	1.08781	2.01	9.21
B: Panela	56.7112	1	56.7112	104.77	0.0002
C: Fermentación	13.7026	1	13.7026	25.31	0.0040
AA	1.16654	1	1.16654	2.16	0.2020
AB	0.0225	1	0.0225	0.04	0.8465
AC	1.83603	1	1.83603	3.39	0.1249
BB	19.5252	1	19.5252	36.07	0.0018
BC	2.4336	1	2.4336	4.50	0.0875
CC	4.98623	1	4.98623	9.21	0.0289
Error total	2.70654	5	0.541308		
Total (corr.)	102.001	14			

Tabla 7: Análisis de la varianza para rendimiento de etanol (% vol.) en función de sulfato de amonio, panela y tiempo.

R-cuadrada = **97.3465** porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = **92.5703** porciento

Error estándar del est. = **0.735737**

Error absoluto medio = **0.380778**

Estadístico Durbin-Watson = **2.62635** (P=0.7344)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.340596

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de Etanol en piezas separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 4 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 97.3465% de la variabilidad en Etanol. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 92.5703%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.735737. El error medio absoluto (MAE) de 0.380778 es el valor promedio de los

residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

Sulfato de amonio	Panela	Fermentación	Predicción para Etanol
(mg/L)	(g/L)	(Días)	(%Vol)
300.0	190.0	6.0	6.01333
301.0	179.442	5.87567	5.64466
302.0	169.351	5.73631	5.33831
303.0	159.496	5.57364	5.08146
304.0	149.21	5.36226	4.85716
305.0	24.462	-0.610693	15.0981

Tabla 8: Ruta ascendente para el rendimiento de etanol (% vol.) en función de sulfato de amonio, panela y tiempo pronosticado.

La tabla 8 despliega el trayecto de máximo ascenso (o descenso). Este es el trayecto, desde el centro de la región experimental actual, a través del cual la respuesta estimada cambia más rápidamente con un cambio menor en los factores experimentales.

Respuesta Optimizada

❖ **Meta: Maximizar porcentaje (%) de Etanol**

Valor óptimo = 14.1293

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Sulfato de amonio (mg/L)	240.0	360.0	240.011
Panela (g/L)	100.0	280.0	279.015
Fermentación (días)	4.0	8.0	8.0

Tabla 9: Valores óptimos de las variables independientes.

En la tabla 9 se muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza Etanol sobre la región indicada.

Respuesta Optimizada

❖ **Meta: Minimizar porcentaje (%) de Etanol**

Valor óptimo = 4.52777

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Sulfato de amonio (mg/L)	240.0	360.0	292.079
Panela (g/L)	100.0	280.0	125.228
Fermentación (días)	4.0	8.0	4.31364

Tabla 10: Valores óptimos de las variables independientes.

En la tabla 10 se muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual minimiza Etanol sobre la región indicada.

Respuesta Optimizada

❖ **Meta: Mantener porcentaje (%) de Etanol en 12.0**

Valor óptimo = 12.0

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Sulfato de amonio (mg/L)	240.0	360.0	240.227
Panela (g/L)	100.0	280.0	275.364
Fermentación (días)	4.0	8.0	6

Tabla 11: Valores óptimos de las variables independientes.

La tabla 11 muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual mantiene Etanol en 12.0 sobre la región indicada.

Diagrama de Pareto Estandarizada para Etanol

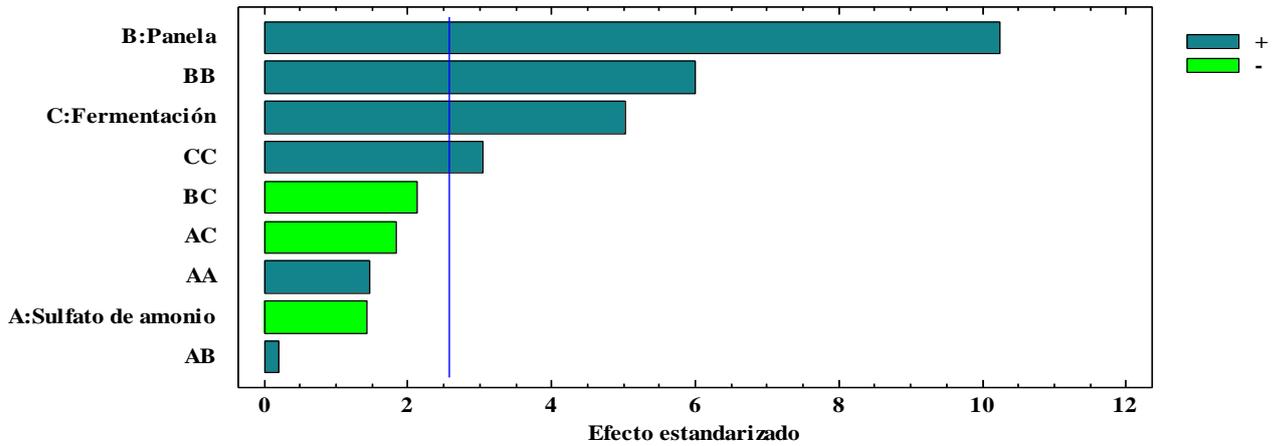


Figura 2: Influencia del efecto de las variables para la producción de etanol

En el diagrama se observa los efectos de las variables que influyen en nuestra variable de respuesta.

Sulfato de amonio: A

Panela: B

Fermentación: C

Podemos apreciar que las relaciones B, BB, C y CC sobrepasan la línea azul, por lo tanto, nos están indicando que tienen una gran influencia en la producción de etanol.

Gráfica de Efectos Principales para Etanol

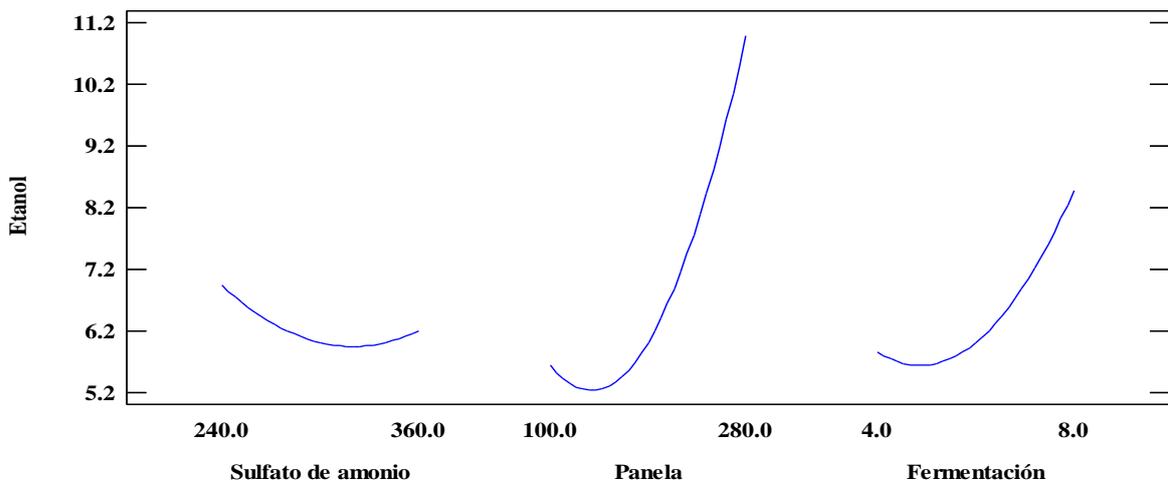


Figura 3: Efectos principales de las variables para la producción de etanol.

En la gráfica se observa el comportamiento de la variable de respuesta (etanol) con respecto a las cantidades de las variables, teniendo en cuenta el valor más bajo hasta el más alto para la producción de alcohol.

En esta sección, se presentan las gráficas obtenidas del procesamiento de los datos de la Tabla 5 con el software Statgraphics Centurión XVI. Obsérvese que a los 6 días (Figura 5) se obtiene la concentración requerida de etanol que alcanza a 12% vol. con un jugo de carambola suplementado con 275.3 de panela/L y 240.2 de sulfato de amonio/L.

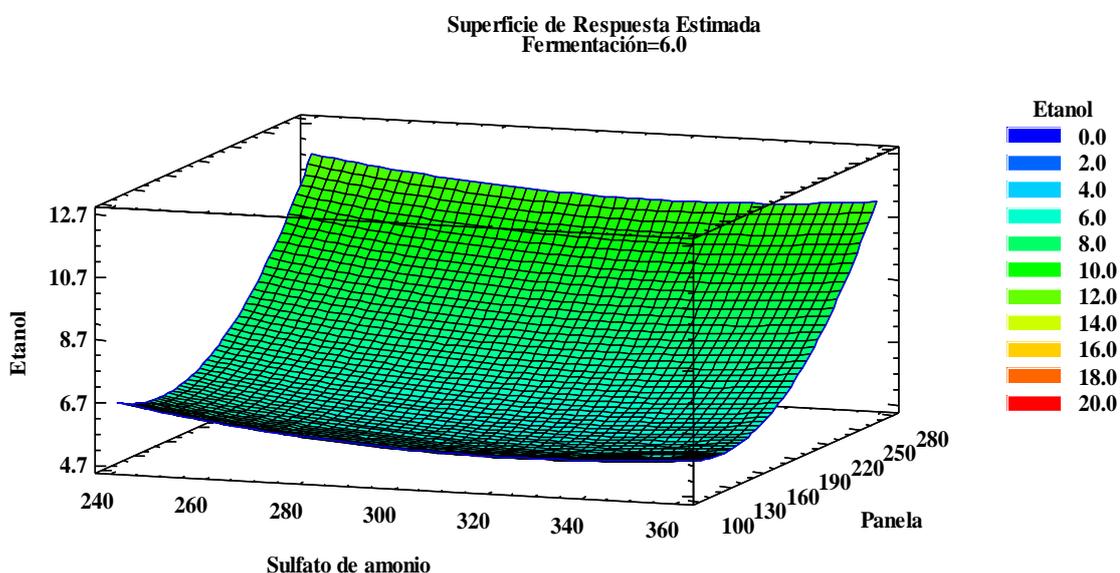


Figura 4: Superficie respuesta de etanol (% vol.) en función sulfato de amonio – panela (tiempo: 6 días). Mantenido en 12% vol. de etanol.

Condiciones de operación del proceso de fermentación	
Volumen del mosto inicial	2 L
pH	3.5
°Brix	18
Temperatura (ambiente)	25-30°C
Sulfato de amonio	240.2 mg/L
Panela	275.3 g/L
Tiempo	6 días
Volumen obtenido de la bebida fermentada	0.950 L
Rendimiento de etanol	12% vol.

Tabla 12: Condiciones de operación del proceso de fermentación para la producción de la bebida alcohólica de carambola.

Día	°Brix	pH	Densidad (g/L)
0	18	3.5	1.1162
1	19	3.98	1.0623
2	19	3.85	1.0452
3	17	3.71	1.0032
4	12	3.67	0.9823

Tabla 13: Control periódico de la fermentación alcohólica en la obtención de la bebida alcohólica de carambola.

Caracteres evaluados	Resultados	NTP 212.014
Aspecto	Limpio	Limpio
Olor	Alcohol	Característico
Sabor	Alcohol	Característico
Color	Semejante al jugo de carambola (anaranjado claro)	Característico de la procedencia del vino

Tabla 14: Análisis organoléptico de la bebida alcohólica de carambola.

Análisis fisicoquímico	Resultados	NTP 212.014
Acidez cítrica, g/L máx.	4,467	1
Acidez total del vino, g/L máx.	5,234	7
Titulo alcohólico mínimo en % vol. de 25-30°C.	12	10
Acidez acética volátil expresada como ácido acético, g/L máx.	4,187	1,2
Cloruros expresados como cloruro de sodio, g/L máx.	0,24	1.0

Tabla 15: Resultados obtenidos y los datos según NTP 212 014 2011 para la bebida alcohólica de carambola.

Con los datos de la Tabla 15, se hicieron las gráficas 4 y 5, donde se aprecia la variación del pH y los Brix, conforme transcurren los días de fermentación (mínimo, óptimo y máximo), hasta mantenerse casi constantes al final de la fermentación.

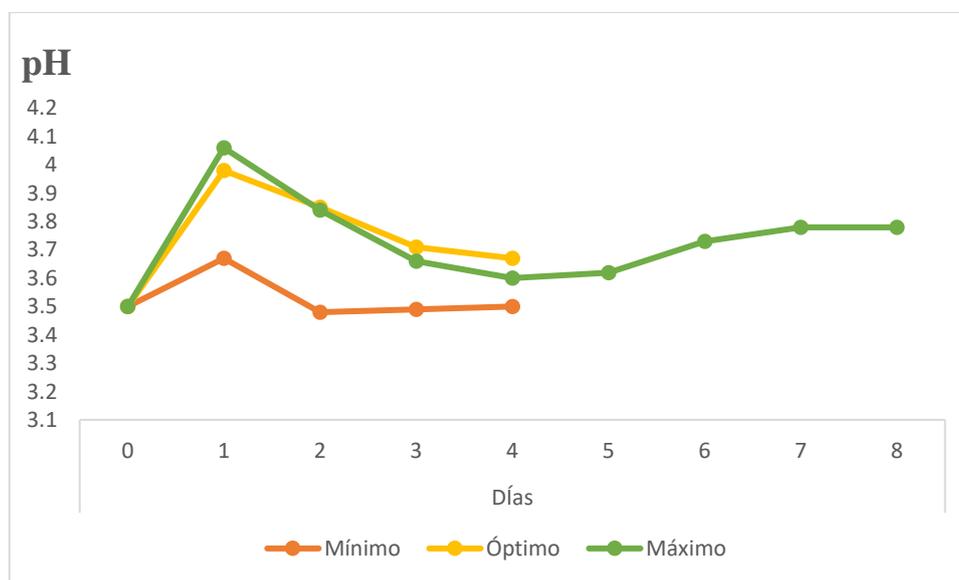


Figura 7: Variación del pH con respecto al tiempo, durante la fermentación alcohólica (mínimo, óptimo y máximo).

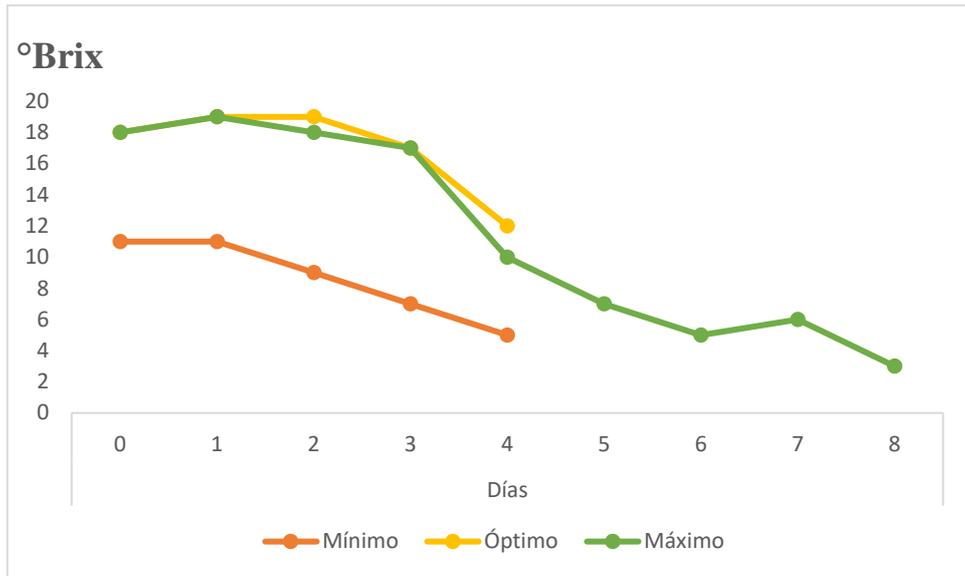


Figura 8: Variación del Brix con respecto al tiempo durante la fermentación.

V. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos, los valores óptimos de las variables en la elaboración de bebida alcohólica a partir de carambola (*Averrhoa carambola* L.) suplementado con panela fueron 275.3 g de panela/L y 240.2 mg de fosfato de amonio/L de mosto con 6 días de fermentación obteniendo 12% vol. de concentración de alcohol, utilizando la levadura NCYC 1425 *Kluyveromyces marxianus*. Según Huayama, et al. (2015) en su investigación obtuvo una concentración de alcohol de 13.5% vol. con 100 g de panela/L y 180 mg de fosfato de amonio/L de mosto con 2 días de fermentación en la elaboración de bebida alcohólica a partir de guaba (*Inga feuillei*) utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae* variedad Ellisoideus MIT L51, es notorio apreciar una diferencia en el tiempo de fermentación y en la producción de alcohol en ambos trabajos de investigación, esto se debe al comportamiento que tiene cada tipo de levadura en el proceso fermentativo. En este caso podemos decir que *Saccharomyces cerevisiae* influyó más en la producción de alcohol, ya que es un tipo de levadura que actúa y se reproduce más rápido, además de ser la más utilizada en la elaboración de bebidas alcohólicas.

Villaroel *et al.* (2015) obtuvo una bebida alcohólica a partir de carambola con un pH de 3.47 y 3.57 utilizando el fosfato de amonio para ayudar a acelerar la fermentación, ya que permite que el pH se mantenga en ese rango, pues dice que éste es el parámetro que aporta en el mejoramiento de las características favorables en especial con la apariencia. En nuestros resultados también utilizamos la misma variable y obtuvimos un pH de 3.67. Por lo tanto, podemos decir que hay una similitud y que dicha variable desempeña un papel importante en la elaboración de bebidas alcohólicas ya que obtuvimos un producto con buenas características organolépticas, en cuanto a color y aspecto.

De acuerdo a los resultados del análisis fisicoquímico mostrados en las Tablas 12 y 15, la bebida alcohólica presentó: 12 °Brix, pH de 3.67 y acidez de 0.447% de ácido cítrico

obteniendo una concentración de alcohol de 12% vol. (T11), mientras que Winchonlong (2014); describe que los resultados del análisis fisicoquímico realizado al mejor tratamiento (T9) determinaron que la bebida alcohólica fermentada de carambola presentaba 13,24 grados de alcohol, con 20 °Brix, pH de 3.50 y un porcentaje de acidez de 0.457. (Huamán y Navarro, 2016) elaboró una bebida alcohólica fermentada a partir de beterraga edulcorado con panela y aromatizado con papayita de monte, donde su mejor tratamiento registró un nivel de pH 3.43, Brix 14,33 y un rendimiento alcohólico de 11,48% vol., por lo expuesto podemos observar que existe similitud en los resultados obtenidos, es decir, hemos logrado obtener casi la misma concentración de alcohol en 4 días de fermentación. Básicamente solo se aprecia una ligera diferencia en cuanto a los grados brix de la bebida, debido al comportamiento del tipo de materia prima utilizada en el proceso de la elaboración.

Según la NTP 212 014 para la elaboración de una bebida alcohólica se debe cumplir con una serie de requisitos dentro de las características organolépticas: Color de acuerdo a su clasificación, aspecto limpio al momento de librarse al consumo, sabor característico de su clasificación y olor propio de su clasificación. Los resultados de los análisis organolépticos de nuestra bebida alcohólica descritos en la Tabla 14 son: aspecto limpio, color semejante al jugo de la carambola, olor intenso y característico, sabor alcoholizado y característico de la fruta. Estos requisitos (aspecto, color, olor y sabor) fueron determinantes para conocer la aceptación del producto, el cual fue obtenido por un panel de 30 personas (estudiantes y docentes de la Universidad Nacional de Jaén). Para la discusión del análisis de calidad sensorial realizado se puede decir que la bebida alcohólica fermentada que tiene mayor aceptación es el T14; seguido de los tratamientos T5, T8, T11 y T15 que también obtuvieron una calificación aceptable en cuanto a sabor, lo cual significa que fue muy apetecible por el panel manteniendo también puntajes permisibles en las demás características evaluadas. Mientras que los demás tratamientos registran las calificaciones más bajas en cuanto a sabor y similar en sus demás características. Por lo que deducimos que nuestros resultandos se encuentran dentro de lo establecido según la norma.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se elaboró una bebida alcohólica a partir de jugo de carambola con resultados satisfactorios en la evaluación fisicoquímica y organoléptica.

Se realizaron los análisis físico químicos de la materia prima, los cuales fueron: para la carambola pH de 2.95, 7 °Brix y 0.505 g/ml de acidez titulable. Para la panela pH 5.880, 87 °Brix y 6,17% de humedad.

Los valores óptimos de las variables independientes son: 240.2 mg/L de sulfato de amonio, 275.3 g/L de panela y 6 días de tiempo de fermentación, cabe recalcar que las condiciones de operación finales para la elaboración de la bebida alcohólica de carambola fueron; jugo de carambola madura de pH 3.5, suplementado con sulfato de amonio (240.2 mg/L) y panela (275.3 g/L), fermentado por NCYC 1425 *Kluyveromyces marxianus* durante 6 días a 25 – 30 °C, alcanzando un contenido de 12% en volumen de etanol.

La bebida alcohólica de carambola suplementado con panela, por sus características fisicoquímicas y organolépticas, cumple con la Norma Técnica para vinos de uva, las estipuladas por la NTP 212 014, lo que demuestra que la bebida es aceptable.

6.2. Recomendaciones

Dentro de cada trabajo de investigación siempre se desea que haya una mejora del mismo; por lo tanto, se recomienda a futuros estudiantes que tengan interés en el mismo proyecto.

- Emplear carambolas con un óptimo estado de madurez y sanidad.
- Utilizar diluciones con relación pulpa-agua para obtener un vino más fluido.
- Realizar trabajos de investigación concernientes al clarificado de la bebida alcohólica de carambola.
- Realizar un estudio de mercado y de costos de producción para la creación de una industria de elaboración de una bebida alcohólica de carambola, empleando los valores óptimos de sulfato de amonio, panela y tiempo de fermentación.
- Darle valor agregado al desperdicio del licuado de la carambola, de esta manera se podrá aprovechar como un subproducto en la elaboración de esta bebida alcohólica.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cortés-arganda, J. F., Ilyina, A., Aguilar-gonzález, C. N., & Segura-, E. P.(2017). Uso de la levadura *Kluyveromyces marxianus* inmovilizada para la producción de bioetanol . Avances recientes Use of the yeast *Kluyveromyces marxianus* immobilized to produce bioethanol . Recent advances. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila systems*, 9(17), 19-25. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/330716770_Uso_de_la_levadura_Kluyveromyces_marxianus_inmovilizada_para_la_produccion_de_bioetanol_Avances_recientes.
- FAO. (2006). *Carambola (Averrhoa carambola)*. 1-4. Recuperado de <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/carambola.html>
- Cortés-arganda, J. F., Ilyina, A., Aguilar-gonzález, C. N., & Segura-, E. P. (2017). Uso de la levadura *Kluyveromyces marxianus* inmovilizada para la producción de bioetanol . Avances recientes Use of the yeast *Kluyveromyces marxianus* immobilized to produce bioethanol . Recent advances. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila systems*, 9(17), 19-25. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/330716770_Uso_de_la_levadura_Kluyveromyces_marxianus_inmovilizada_para_la_produccion_de_bioetanol_Avances_recientes
- Huamán, E., & Navarro, J. (2016). Obtención de una bebida alcohólica fermentada a partir de la beterraga edulcorado con panela y aromatizado con fruto de papayita de monte. (Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas). Recuperado de <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/159898>
- Mateus, D., Arias, M., & Orduz, J. (2015). El cultivo de carambolo (*Averrhoa carambola* L.) y su comportamiento en el piedemonte del Meta (Colombia). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 135. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3752>
- Mujica, M., Guerra, M., & Soto, N. (2008). Efecto de la variedad, lavado de la caña y

temperatura de punteo sobre la calidad de la panela granulada. Recuperado 17 de febrero de 2020, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008000800010

Ramirez, J., Murcia, C., & Castro, V. (2014). *Análisis de aceptación y preferencia analysis of acceptance and preference*. 12(1), 24-27. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612014000100003

Téllez, J., & Cote, M. (2006, octubre). Alcohol etílico: Un tóxico de alto riesgo para la salud humana socialmente aceptado. *Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia*, 18.

Villaroel, J., Oviedo, B., & Espinoza, B. (2015, noviembre). *Obtención de una bebida alcohólica a partir de Averrhoa carambola*. 1-6.

Winchonlong, R. (2014). *Evaluación de los factores relación pulpa-agua, corrección de °brix y corte de fermentación, para la obtención de una bebida alcohólica fermentada organolépticamente aceptable a partir de (Averrhoa Carambola l.) "carambola" en chulucanas* (Universidad Católica Sedes Sapientiae). Recuperado de http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/135/Cueva_Mallqui_tesis_maestría_2014.pdf?sequence=5&isAllowed=y

AGRADECIMIENTO

Son muchas las personas que desinteresadamente han contribuido al proceso y conclusión de este trabajo de investigación:

- A nuestro asesor de tesis, Mg. Polito Michael Huayama Sopla por orientarnos y asesorarnos constantemente durante el desarrollo de esta investigación.
- A la Dra. Luz Azucena Torres García y al Lic. Edinson Huamuro Castillo por apoyarnos y guiarnos en la parte microbiológica de nuestro proyecto.
- Al Mg. Adán Díaz Ruíz por ayudarnos de principio a fin en la ejecución de este trabajo.
- A la Universidad Nacional de Jaén por habernos brindado y facilitado el laboratorio de Taller de Tecnología de Alimentos y el laboratorio de Biología, así como también el uso de equipos y materiales.



DEDICATORIA

A, Dios; por bendecirme, acompañarme a lo largo de mi vida y ser mi fortaleza para lograr cada meta trazada.

A mi familia por ser los principales promotores de cada sueño, por confiar y brindarme su apoyo incondicional.

MELISSA YUDITH

A, Dios; por haberme dado la sabiduría necesaria para poder culminar mi proyecto de tesis.

A mi familia quienes con su amor y sacrificio depositaron en mí toda su confianza y me demostraron que en esta vida la metas que uno se plantea se logra alcanzar con esfuerzo y dedicación.

JANET YAJAIRA



ANEXOS



Figura 9: *Carambola (Averrhoa carambola L)*



Figura 10: *Licuada de la pulpa*

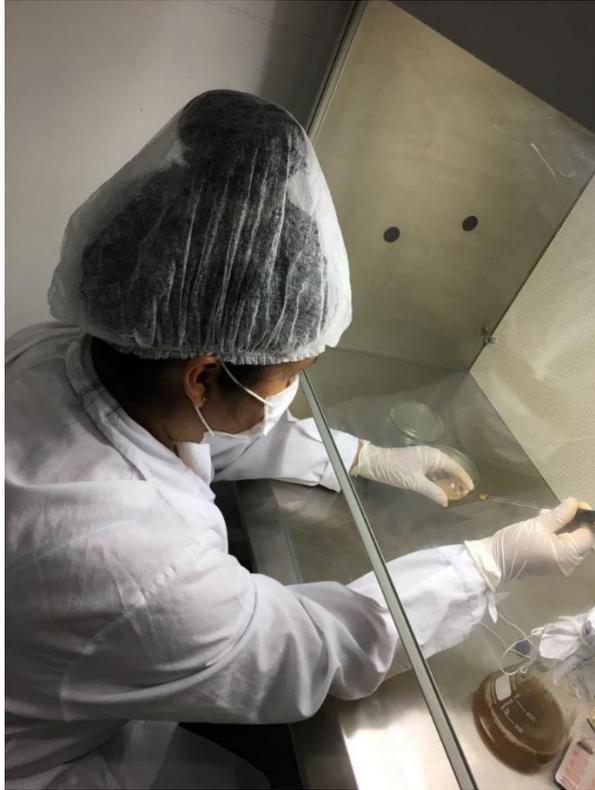


Figura 11: *Reactivación de levadura NCYC 1425 Kluyveromyces Marxianus*



Figura 12: *Cepa NCYC 1425 Kluyveromyces marxianus*



Figura 13: Comparación con el tubo de Mc Farland



Figura 14: Tubos de Mc Farland



Figura 15: Inoculación de la levadura NCYC 1425 *Kluyveromyces marxianus*



Figura 16: Biorreactores para la obtención de alcohol del jugo de carambola



Figura 17: Titulación de la bebida alcohólica

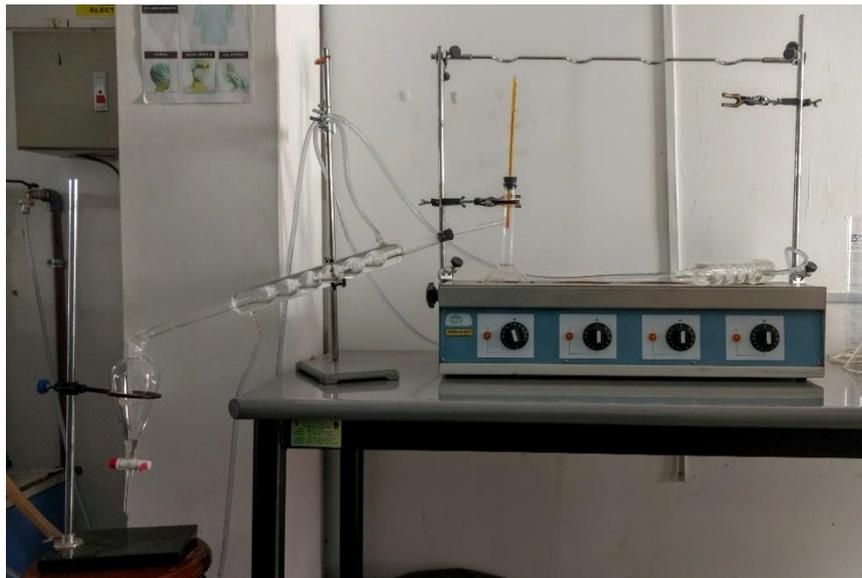


Figura 18: Destilación de la bebida alcohólica de carambola mediante el destilador simple

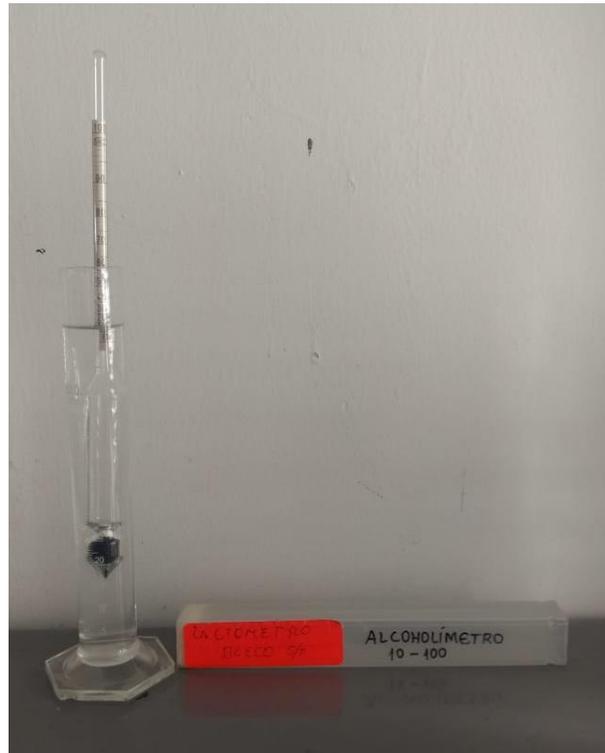


Figura 19: *Medición de concentración de alcohol usando el alcoholímetro*



Figura 20: *Probeta con la bebida alcohólica para obtener la densidad*



Figura 21: *Degustación de la bebida
alcohólica de carambola*

Número de experimentos	Días									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	3.5	3.57	3.54	3.53	3.45	3.46	3.52			
2	3.5	3.78	3.71	3.63	3.71	3.77	3.83			
3	3.5	3.75	3.56	3.54	3.58	3.53	3.59			
4	3.5	4.23	3.85	3.74	3.73	3.75	3.87			
5	3.5	3.93	3.67	3.57	3.6					
6	3.5	4.02	3.71	3.59	3.61	3.6	3.67	3.69	3.7	
7	3.5	3.93	3.77	3.69	3.68					
8	3.5	3.86	3.59	3.57	3.53	3.5	3.53	3.57	3.59	
9	3.5	3.67	3.48	3.49	3.5					
10	3.5	3.62	3.58	3.46	3.49	3.49	3.53	3.56	3.56	
11	3.5	3.98	3.85	3.71	3.67					
12	3.5	4.06	3.84	3.66	3.6	3.62	3.73	3.78	3.78	
13	3.5	4.06	3.8	3.69	3.65	3.6	3.66			
14	3.5	3.7	3.72	3.65	3.65	3.63	3.67			
15	3.5	3.78	3.78	3.67	3.65	3.64	3.64			

Tabla 16: Medición del pH durante los días de fermentación de cada experimento.

Número de experimentos	Días								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	11	10	9	6	6	5	4		
2	19	19	18	13	9	6	6		
3	11	11	11	6	6	6	6		
4	18	18	17	17	10	6	6		
5	15	15	14	12	11				
6	13	15	14	12	10	10	8	6	3
7	15	15	14	12	10				
8	12	11	9	7	6	6	5	4	5
9	11	11	9	7	5				
10	12	11	11	8	6	6	5	4	5
11	18	19	19	17	12				
12	18	19	18	17	10	7	5	6	3
13	14	15	15	14	12	10	10		
14	16	15	15	13	13	11	11		
15	15	15	15	11	11	10	9		

Tabla 17: Medición de °Brix durante los días de fermentación de cada experimento.

Composición nutricional del fruto de la materia prima

COMPUESTO	CANTIDAD
Calorías	35.7
Agua	89 – 91 g
Carbohidratos	9.38 g
Grasas	0.08 g
Proteínas	0.38 g
Fibra	0.8 – 0.9 g
Cenizas	0.26 – 0.4 g
Calcio	4.4 – 6.0 mg
Fósforo	15.5 – 21.0 mg
Hierro	0.32 – 1.65 mg
Tiamina	0.03 – 0.038 mg
Riboflavina	0.019 – 0.03 mg
Niacina	0.294 – 0.38 mg
Ácido ascórbico	26.0 – 53.1 mg

Tabla 18: *Composición nutricional en fruto de carambola*

Fuente: Purdue University

ANÁLISIS	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	VALOR PROMEDIO
Análisis proximal			
Humedad, %	5,77	10,18	7,48
Proteína, %	0,39	1,13	0,70
Nitrógeno, %	0,06	0,18	0,11
Grasa, %	0,13	0,15	0,14
Fibra, %	0,24	0,24	0,24
Az. Reductores, %	7,10	12,05	9,15
Sacarosa, %	75,72	84,48	80,91
Cenizas, %	0,61	1,36	1,04
Minerales, mg/100g			
Magnesio	28,00	61,00	44,92
Sodio	40,00	80,00	60,07
Potasio	59,00	366,00	164,93
Calcio	57,00	472,00	204,96
Manganeso	1,20	4,05	1,95
Fósforo	34,00	112,50	66,42
Zinc	1,30	3,35	2,44
Hierro	2,20	8,00	4,76
Color % T (550 nm.)	34,90	75,90	55,22
Turbiedad % T (620 nm.)	32,79	71,78	52,28
pH (Acidez)	5,77	6,17	5,95
Peso g	378,00	498,00	434,86
Poder energético			
Calorías/100 g	322,00	377,00	351,00

Tabla 19: Composición química de la panela

Fuente: universidad FASTA de la ciudad del Mar de la plata, facultad de ciencias medicas

SULFATO DE AMONIO

Nutriente para levadura

COMPOSICIÓN

Sulfato de amonio puro.

CARACTERÍSTICAS

Se presenta en forma de cristales anhidros, amarillo pajizo, transparentes, de sabor picante y amargo. Totalmente soluble en agua.

APLICACIONES

El SULFATO DE AMONIO actúa como activante de la fermentación, porque aporta a las levaduras el nitrógeno de forma amoniacal, necesario para su multiplicación. Resulta importante constituir una biomasa suficiente para completar la fermentación alcohólica. Resulta interesante también un uso del SULFATO DE AMONIO en el curso de la fermentación alcohólica, preferiblemente en las primeras fases, en acción combinada con el oxígeno. El contenido de nitrógeno asimilado presente en los mostos se debe considerar un parámetro importante para una regular evolución de la fermentación; su escasez lleva a la constitución de una biomasa insuficiente, a la producción de compuestos secundarios indeseados, y al riesgo de retrasos o paradas fermentativas. El SULFATO DE AMONIO aporta al producto tratado el ion sulfato induciendo una cierta modificación también del pH de la solución; para no aumentar excesivamente el valor de este anión, limitado por la ley, se aconseja también la adición en contemporánea del fosfato biamónico hasta alcanzar los cuantitativos deseados de nitrógeno.

USO

Dispersar el SULFATO DE AMONIO en agua y añadir al mosto en agitación; en contemporánea se hará el inóculo de las levaduras y una ligera aireación. Se aconseja el añadido en la dispersión de las levaduras en rehidratación

DOSIS

De 20 a 30 g/hL. Con 30 g/hL se aportan aproximadamente 77 mg/L de nitrógeno amoniacal y 222 mg/L como H₂SO₄ (394 mg/L como K₂SO₄). Se aconseja su uso de manera secuencial con uno de los productos de la línea V STARTER.

ENVASES

Bolsas de 25 kg.

CONSERVACIÓN

Conservar en lugar fresco y seco. Cerrar cuidadosamente los envases abiertos.

PELIGROSIDAD

En base a la normativa europea vigente, el preparado está clasificado como: no peligroso.

Fuente: Enológica Vason S.p.A (ficha técnica 2016)

REQUISITOS DE BEBIDAS ALCOHOLICAS VITIVINÍCOLAS

NORMA TECNICA PERUANA		NTP 212.014		
Requisitos	Mínimo	Máximo	Tolerancia al valor declarado	Método De Ensayo
Físicos Y Químicos				
grado alcohólico volumétrico a 20/20°C (%)	para los vinos espumosos: 6,5 para los demás vinos: 10,0	-	-/+ 0,5	NTP 212.030
Acidez volátil, como ácido acético (g/L)	-	1,2	-	NTP 212.031
Cloruros, como cloruros de sodio (g/L)	-	1.0	-	NTP 212.008
Acidez cítrica g/L	-	1,0	-	NTP 212.037
Acidez total, como acidez tartárica (g/L)	3,0	7,0	-	NTP 212.047

Fuente: INDECOPI, Lima-Perú 2011

7. REQUISITOS

7.1. Características organolépticas

7.1.1. Color de acuerdo a su clasificación

7.1.2. Aspecto limpio al momento de librarse al consumo

7.1.3. Sabor, característico de su clasificación

7.1.4. Olor, propio de su clasificación

Fuente: INDECOPI, Lima-Perú 2011

Apéndice

1. Análisis físico-químico del fruto de la materia prima

a. Determinación de acidez cítrica del fruto

En una probeta graduada se midió 10 ml de muestra. Seguidamente se colocó en una fiola y se aforo a 100 ml con agua destilada. Luego en un matraz de 250 ml se colocó 25 ml de agua destilada y los 25 ml de muestra, al cual se añadió 4 gotas de fenolftaleína como indicador para el viraje. Luego se tituló con hidróxido de sodio 0.1010N hasta que se produzca el cambio de color a rosado tenue. Se realizaron tres repeticiones para determinar el porcentaje de acidez. El resultado se expresa en % de acidez cítrica mediante la siguiente formula:

$$N(\text{ac}) = \frac{N \times V_{\text{gasto}}}{V(\text{ac})}$$

$$N(\text{ac}) = \frac{0.1010\text{N} \times 1.93\text{mL}}{25\text{mL}}$$

$$N(\text{ac}) = 0.00779\text{N}$$

Donde:

N = Normalidad del NAOH.

V(Gasto) = Volumen gastado del NAOH (mL).

V= Volumen del analito.

Hallamos la masa de ácido cítrico contenido en la muestra:

$$m(\text{ac}) = PE \times N \times V$$

$$m(\text{ác}) = 64.71 \frac{\text{g}}{\text{eq}} \times 0.00779 \frac{\text{eq}}{\text{L}} \times 0.1\text{L}$$

$$m(\text{ác}) = 0.0504\text{g}$$

Hallamos el porcentaje (%) de ácido cítrico en la muestra:

$$\%(\acute{a}c) = \frac{m(\acute{a}c)}{V(m)} \times 100$$

$$\%(\text{ac}) = \frac{0.0504 \text{ g}}{10\text{mL}} \times 100$$

$$\%(\text{ac}) = 0.504\% \text{ Ac. cítrico}$$

b. Determinación de humedad de la panela

Se secó el crisol en la estufa a 110 °C por 30 minutos e inmediatamente se dejó en el desecador por 30 minutos para enfriar. Luego se llevó el crisol seco a la balanza analítica y anotamos su peso. Después agregamos 5g de la muestra a analizar y procedimos a pesar. Por último, se llevó la muestra a la estufa a 105 °C por 30 minutos para luego tomar su valor en peso.

$$\%H = \frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{P_{\text{inicial}}} \times 100$$

$$\%H = \frac{49.11 - 46.08}{49.11} \times 100$$

$$\%H = 6.17$$

Donde:

P_{inicial} = Peso del crisol más la muestra húmeda en gramos

P_{final} = Peso del crisol más la muestra seca en gramos

2. Análisis físico-químico de la bebida alcohólica de carambola

a. Determinación del grado alcohólico

Se destilaron 200 ml de bebida alcohólica usando el método de destilación simple, de los cuales se obtuvo un destilado de 52 ml. Se midió con un alcoholímetro la concentración de etanol, para luego determinar el grado alcohólico (% vol.) aplicando la siguiente ecuación para el tratamiento optimizado:

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$X (200 \text{ mL}) = 46\% \times 52 \text{ mL}$$

$$X = 11.96\% \text{ vol}$$

Número de tratamientos	Destilado (ml)	Concentración de etanol (% vol.)
1	45	28
2	53	44
3	60	20
4	53	44
5	60	20
6	60	36
7	67	18
8	58	28
9	65	16
10	57	30
11	52	46
12	53	46
13	54	24
14	60	18
15	56	22

Tabla 20: Determinación de concentración de etanol en destilados.

b. Determinación de Densidad

Se utilizó una probeta de 10 ml, se lavó con agua destilada y se desinfectó con alcohol. Inmediatamente después se llevó a la estufa por 5 min. para obtener un mejor secado. Luego se pesó la probeta en una balanza analítica y en seguida se pesó con 10 ml de bebida alcohólica. Al peso obtenido de la probeta con vino se le restó el peso de la probeta vacía. Una vez obtenido el resultado se aplicó la fórmula de la densidad para el tratamiento optimizado:

$$D = \frac{m}{V}$$

$$D = \frac{P' - P}{V}$$

Donde:

D = Densidad

m = masa

v = volumen

P' = Probeta con muestra

P = Probeta vacía

$$D = \frac{55.6620 \text{ g} - 45.8385 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$$

$$D = 0.9823 \text{ g/ml}$$

c. Determinación de la acidez cítrica

En una probeta graduada se midió 10 ml de muestra. Luego en un matraz de 250 ml se colocó 40 ml de agua destilada y los 10 ml de muestra, al cual se añadió 4 gotas de fenolftaleína como indicador para el viraje. Luego se tituló con hidróxido de sodio 0.0845N hasta que se produzca el cambio de color a rosado insipiente. Se realizaron tres repeticiones para determinar el porcentaje de acidez.

El resultado se expresa en porcentaje (%) de acidez cítrica mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{Acidez cítrica} = \frac{\text{Gasto} \times N \times \text{mPE}}{\text{Vol. muestra (ml)}} \times 100$$

Donde:

N = Normalidad del NaOH (0.1 N).

Gasto = Volumen gastado del NaOH (ml).

mPE: Peso miliequivalente del ácido predominante (g/mol).

$$\% \text{Acidez cítrica} = \frac{8.26 \times 0.0845 \times 0.064}{10} \times 100$$

$$\% \text{Acidez cítrica} = 0.446\% \text{ Ac. Cítrico}$$

$$\text{Acidez cítrica} = 4.467 \text{ g/L Ac. Cítrico}$$

d. Determinación de la acidez acética

Se procede de manera similar a la determinación de la acidez cítrica, pero el resultado se expresa en función del ácido acético (CH₃COOH)

En una probeta graduada se midió 10 ml de muestra. Luego en un matraz de 250 ml se colocó 40 ml de agua destilada y los 10 ml de muestra, al cual se añadió 4 gotas de fenolftaleína como indicador para el viraje. Luego se tituló con hidróxido de sodio 0.0845N hasta que se produzca el cambio de color a rosado insipiente. Se realizaron tres repeticiones para determinar el porcentaje de acidez.

El resultado se expresa en porcentaje (%) de acidez acética mediante la siguiente formula:

$$\% \text{Acidez Acética} = \frac{\text{Gasto} \times \text{N} \times \text{mPE}}{\text{Vol. muestra (ml)}} \times 10$$

Donde:

N = Normalidad del NaOH (0.1 N).

Gasto = Volumen gastado del NaOH (ml).

mPE: Peso miliequivalente del ácido predominante (g/mol).

$$\% \text{Acidez acética} = \frac{8.26 \times 0.0845 \times 0.060}{10} \times 100$$

$$\% \text{Acidez acética} = 0.418 \% \text{ Ac. Acético}$$

$$\text{Acidez acética} = 4.187 \text{ g/L Ac. Acético}$$

e. Determinación de la acidez total

Se procede de manera similar a la determinación de la acidez total, pero el resultado se expresa en función del ácido tartárico ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$)

En una probeta graduada se midió 10 ml de muestra. Luego en un matraz de 250 ml se colocó 40 ml de agua destilada y los 10 ml de muestra, al cual se añadió 4 gotas de fenolftaleína como indicador para el viraje. Luego se tituló con hidróxido de sodio 0.0845N hasta que se produzca el cambio de color a rosado insipiente. Se realizaron tres repeticiones para determinar el porcentaje de acidez.

El resultado se expresa en porcentaje (%) de acidez total en función del ácido tartárico mediante la siguiente formula:

$$\% \text{Acidez total} = \frac{\text{Gasto} \times \text{N} \times \text{mPE}}{\text{Vol. muestra (ml)}} \times 100$$

Donde:

N = Normalidad del NaOH (0.1 N).

Gasto = Volumen gastado del NaOH (ml).

mPE: Peso miliequivalente del ácido predominante (g/mol).

$$\% \text{Acidez total} = \frac{8.26 \times 0.0845 \times 0.075}{10} \times 100$$

$$\% \text{Acidez total} = 0.523\% \text{ Ac. Total}$$

$$\text{Acidez total} = 5.234 \text{ g/L Ac. Total}$$

f. Determinación de cloruros

Se midió 10 mL de vino (V_1) y luego lo depositamos en un matraz de 250 mL. seguidamente se agregó 5 gotas de K_2CrO_4 al 5% (sirve como indicador), la muestra se torna amarilla transparente. Titulamos la muestra con solución acuosa de $AgNO_3$ 0,0171 N (N_2). Tan luego cae la primera gota del agente titulante a la muestra, se forma un precipitado blanco, pero debido al indicador se ve amarillo. Continuamos la titulación hasta la aparición de un precipitado rojo ladrillo. Por último, anotamos el volumen consumido V_2 .

Ahora:

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$N_1 = \frac{(0.0171 \text{ N})(2.4 \text{ mL})}{10 \text{ mL}}$$

$$N_1 = 4.104 \times 10^{-3} \text{ equiv. Na} \frac{\text{Cl}}{\text{L}} \text{ vino}$$

Convertimos a g/L:

$$4.104 \times 10^{-3} \frac{\text{equiv. NaCl}}{\text{L vino}} \times \frac{58.5 \text{ g NaCl}}{1 \text{ equiv. NaCl}} = 0.24 \text{ g} \frac{\text{NaCl}}{\text{L}} \text{ vino}$$

FORMATO TEST ESCALA HEDÓNICA

Nombre: Fecha: Hora:

Producto:

Por favor pruebe cada una de las muestras y califique usted el Color, Sabor, Olor y Aspecto de acuerdo a la siguiente escala:

Me gusta muchísimo	= 9
Me gusta mucho	= 8
Me gusta moderadamente	= 7
Me gusta ligeramente	= 6
No me gusta ni me disgusta	= 5
Me disgusta ligeramente	= 4
Me disgusta moderadamente	= 3
Me disgusta mucho	= 2
Me disgusta muchísimo	= 1

Muestra	Color	Olor	Sabor	Aspecto
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Comentarios:

.....

Fuente: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612014000100003