

## Elaboración de una bebida fermentada tipo cerveza artesanal a base de malta adicionada con tallo de maíz (*Zea mays*) y Mexale

### Elaboration of a fermented beverage type craft beer based on malt added with corn stalk (*Zea mays*) and Mexale

Flores-Mendoza, L.<sup>1</sup>, Osorio-Lorenzo, P. V.<sup>1</sup>, Pérez-San Juan, A. R.<sup>1</sup>, Sánchez-Rosas, D. L.<sup>1</sup>, Rodríguez-Puertos, T. D.<sup>1</sup>, Victoria-Gutiérrez, J.<sup>1</sup>, Zavaleta-Martínez, R. M.<sup>1</sup>, Franco-Popoca, F. J.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Ingeniería en Procesos Bioalimentarios de la Universidad Tecnológica de Tehuacán. Prolongación de la 1 sur No. 1101, San Pablo Tepetzingo C.P. 75859, Tehuacán, Puebla, México. \*ffpopoca@gmail.com

#### Resumen

El tallo de maíz (*Zea mays*) es considerado un residuo orgánico derivado del cultivo de maíz, y el mexale es obtenido mediante el raspado del maguey para la extracción de agua miel. El objetivo del presente proyecto fue formular y desarrollar una cerveza de tipo artesanal adicionada con tallo de maíz (*Zea mays*) y mexale, ya que ambos residuos cumplen una función de almacenamiento de carbohidratos. Se planteó un diseño experimental por optimización matemática modelando sobre una metodología de superficie de respuesta (RSM) en el cual se tomaron dos factores (cantidad de inóculo y °Brix), y la variable fue el porcentaje de alcohol, se obtuvieron 13 corridas experimentales por duplicado. Se realizaron análisis fisicoquímico a las 13 corridas (acidez, °Brix, pH, azúcares reductores, cantidad de etanol) y con la ayuda del software Minitab®17 se logró optimizar el producto final el cual fue de 39 °Brix e inóculo de 0.58 g. Se realizó el escalamiento en un birreactor con capacidad de 15 L donde se dejó fermentar el mosto por 72 horas tomando muestras cada 8 horas. Los resultados de los parámetros cinéticos determinados fueron;  $\mu$ : 0.15 h<sup>-1</sup>, td: 2.57 h, Ks: 0.01 h<sup>-1</sup>, Kp: 314.38 h<sup>-1</sup>, Yp/s: 1.01 °GL/g de sustrato, el porcentaje alcohol final de 26%, biomasa final de 3.30E+07 células/mL.

**Palabras clave:** Fermentación, mexale, tallo de maíz, mosto.

#### Abstract

The corn stalk (*Zea mays*) is considered an organic residue derived from the corn crop, and the mexale is obtained by scraping the maguey to extract honey water. The objective of this project was to formulate and develop a craft-type beer added with corn stalk (*Zea mays*) and mexale, since both residues fulfill a carbohydrate storage function. An experimental design was proposed by mathematical optimization modeling on a response surface methodology (RSM) in which two factors (quantity of inoculum and ° Brix) were taken, and the variable was the percentage of alcohol, 13 experimental runs were obtained per duplicate. Physicochemical analysis was performed at 13 runs (acidity, ° Brix, pH, reducing sugars, amount of ethanol) and with the help of Minitab®17 software, the final product was optimized which was 39 ° Brix and inoculum 0.58 g . Scaling was carried out in a 15 L capacity birreactor where the must was allowed to ferment for 72 hours taking samples every 8 hours. The results of the determined kinetic parameters were;  $\mu$ : 0.15 h<sup>-1</sup>, td: 2.57 h, Ks: 0.01 h<sup>-1</sup>, Kp: 314.38 h<sup>-1</sup>, Yp / s: 1.01 ° GL / g substrate, the final alcohol percentage of 26%, final biomass of 3.30 E + 07 cells / mL.

**Key words:** Fermentation, mexale, corn stalk, must.

---

1\* Autor responsable

Recibido: Mayo 2019. Aceptado: Agosto 2019

Publicado como ARTÍCULO en la Revista Tecnológica Agrobioalimentaria 3(1): 59-67, 2019, ISSN 2395-8332

## I. INTRODUCCIÓN

Las bebidas alcohólicas tienen su origen en el proceso de fermentación alcohólica. Todo líquido azucarado sufre esta fermentación de manera espontánea debido a la acción de las levaduras que, en ausencia de aire, destruyen la glucosa y otros azúcares produciendo dióxido de carbono y etanol. Debido a esto se han ido perfeccionando los procesos empíricos de conservación llevando a cabo métodos de estricto control (carretero, 2013).

La cerveza es una bebida alcohólica no destilada que se obtiene de la fermentación de un mosto elaborado a partir de malta de cebada, con o sin la adición de otros cereales no malteados (adjuntos). La mezcla de estos cereales con agua se transforma en azúcares mediante la digestión enzimática. Posteriormente se agrega a la mezcla el lúpulo y/o sus derivados y finalmente es sometida a un proceso de cocción (López *et al.*, 2002; IICA, 1999; Vincent *et al.*, 2006).

Existen dos tipos básicos de cerveza: ale y lager. Dentro de cada uno de estos tipos básicos existen subtipos con diferentes características que tienen una nomenclatura variable. En la Tabla 1 se presentan algunos nombres registrados en la literatura (López *et al.*, 2002).

La malta es un cereal en etapa temprana de germinación, cuyo proceso de germinación ha sido controlado y detenido mediante la aplicación de secado. Aunque existen maltas de diferentes cereales, el término normalmente se refiere a la malta de cebada (López *et al.*, 2002). La malta contiene las enzimas necesarias para hidrolizar los hidratos de carbono complejos, proceso necesario para la obtención del mosto (Hernández y Sastre, 1999; López *et al.*, 2002; Vincent *et al.*, 2006).

El lúpulo se obtiene a partir de los conos maduros de la flor femenina de la planta *Humulus lupulus* y se agrega al mosto como extracto o productos secados (en polvo o en pastillas) en dosis que varían en función del

sabor y aroma final deseados para la cerveza (López *et al.*, 2002; Posse, 1993).

Una de las opciones para producir etanol es por fermentación a partir de materias primas ricas en carbohidratos (azúcar, almidón, celulosa, etcétera). Por tal razón, es común designar al etanol obtenido por esta vía “bioetanol”. Entre estas materias primas se encuentran las frutas y vegetales como la caña de azúcar y la remolacha, los cereales (trigo, maíz, sorgo), los tubérculos (papas, yuca) y en general, materias provenientes de ligno-celulosas o de residuos orgánicos (Vazques H, *et al.*, 2006).

Tallo de maíz (criollo). La riqueza en azúcares solubles es de 35.3%, tiene surcos longitudinales en la parte inferior con una altura de unos 2 metros (lo más común, aunque hay de mayor altura) con una serie de entrenudos de unos 16 cm (Pavón B. 2007).

Mexale. Se obtiene a partir del raspado del maguey para la obtención de aguamiel. El mexale se recolectada diariamente, se utiliza como el alimento de aves de corral, borregos y cerdos, en temporadas de sequía es cuando no hay buenas cosechas y es considerado como un desperdicio (Vázquez A. 2016).

El objetivo de esta investigación fue elaborar una cerveza tipo artesanal adicionada con jugo del tallo de maíz y mexal, para aprovechar los carbohidratos y obtener una bebida con mayor grado de alcohol.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### *Diseño experimental*

Se aplicó la metodología de Superficie de Respuesta (RSM), para obtener la formulación óptima del proceso de fermentado del vástago de maíz, aplicando como criterio de selección la mayor producción de etanol y mayor cantidad de azúcares consumidos. En la tabla a se muestran

los factores y niveles utilizados en el proceso. El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante un análisis de varianza por la prueba de TUKEY ( $P < 0.05$ ), con la ayuda del programa estadístico Minitab®17.

Tabla 1. Diseño experimental para la selección del mejor tratamiento en la fermentación del vástago de maíz y mexale.

Núm. De experimento	Inóculo g/L	°Brix
1	0.3	11
2	0.5	35
3	0.58	25
4	0.3	25
5	0.3	25
6	0.1	15
7	0.58	25
8	0.3	25
9	0.3	25
10	0.3	25
11	0.3	25
12	0.1	35
13	0.3	39
14	0.3	25
15	0.017	25
16	0.3	39
17	0.3	11
18	0.5	15
19	0.017	25
20	0.1	35
21	0.5	15
22	0.3	25
23	0.5	35
24	0.3	25
25	0.3	25
26	0.1	15

*Proceso de fermentación*

En la figura 1, se muestran las operaciones unitarias a las que se sometieron los tratamientos. La fermentación se realizó en un biorreactor de acero inoxidable de 20 L de capacidad en condiciones anaerobias, en el cual

se mantuvo la temperatura a 25 °C y agitación a 100 rpm cada 6 horas durante 72 horas.

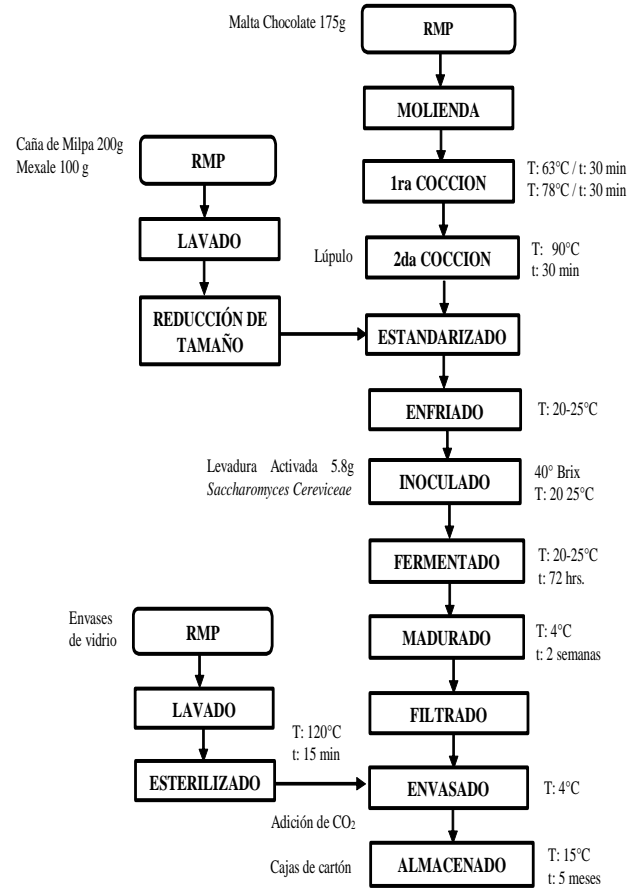


Figura 1. Diagrama de bloques del producto terminado.

*Determinación de azúcares reductores por el método DNS (Ácido- 3,5-dinitro salicílico)*

Se realizó la determinación de azúcares reductores utilizando el método espectrofotométrico propuesto por Miller (1959). Se preparó el reactivo DNS, disolviendo 0.8 g de NaOH en 10 mL de H<sub>2</sub>O destilada, se agregó 15 g de tartrato de sodio-potasio tetra hidratado y 0.5 g de DNS (ácido-3,5-dinitrosalicílico), se mezcló y se aforó con H<sub>2</sub>O destilada en un matraz aforado (Kymax®) de 50 mL y posteriormente se guardó en un frasco ámbar a 4°C para su posterior uso. Se realizó una curva de calibración usando 0.5 mL de un patrón de glucosa al 0.4% (Sigma Aldrich, USA) y 0.5 mL de reactivo DNS, se calentaron a ebullición durante 5 min, los tubos se enfriaron a chorro de

agua y se dejaron reposar por 5 min a temperatura ambiente y se agregaron 5 mL de H<sub>2</sub>O a cada tubo. La lectura se realizó en un espectrofotómetro (Thermo Scientific modelo Genesys 10S uv-vis) a 540 nm.

*Cuantificación de producción de etanol por el método colorimétrico del dicromato de potasio*

*Preparación de soluciones*

De acuerdo con lo descrito por Oviedo *et al.*, (2009), se preparó una solución oxidante la cual consistió en una mezcla formada por 4.165 g de dicromato de potasio y 250 mL de ácido sulfúrico, posteriormente se aforó con agua destilada a 1 L (solución b), se preparó una solución saturada de carbonato de potasio (reactivo grado técnico, solución c). En tubos de ensayo se adicionaron 4 mL de la solución b y 2 mL de la solución c, gota a gota hasta que finalizó el burbugeo (solución d).

*Cuantificación de etanol*

En tubos de ensayo de 16 mL se agregaron 2 mL de la solución a (muestra clarificada) y 2 mL de la solución d, se calentaron en baño María a temperatura entre 80 y 90°C durante 20 min, después del tiempo transcurrido se enfriaron a chorro de agua fría. La lectura se realizó en un espectrofotómetro (Thermo Scientific modelo Genesys 10S uv-vis) a 440 nm.

*Determinación de densidad*

La densidad se determinó por el método gravimétrico de balanza y probeta, de acuerdo con OIML (2011). Se colocó una probeta de vidrio (Marca: Kimax) de 10 mL en el platillo de una balanza analítica (Marca: OHAUS P4214) y se taró, posteriormente se agregó 10 mL de cada una de las corridas experimentales y se obtuvo el peso del líquido. La densidad se calculó mediante la ecuación 1.

$$\rho = \frac{\text{peso (g)}}{\text{volumen (mL)}} \quad \text{EC. (1)}$$

*Determinación de pH*

De acuerdo con la NMX-F-317-S-1978, el pH se determinó utilizando el método potenciométrico mediante un potenciómetro calibrado (Marca: HANNA). Se usaron 20 mL de cada una de las corridas experimentales en un vaso de precipitado, en el que se sumergió el electrodo del potenciómetro hasta obtener la lectura de cada muestra.

*Determinación de °Brix*

Para la determinación de sólidos solubles se realizó de acuerdo a la NMX-F-103-1982 utilizando un refractómetro (Marca: Atago) con escalas de 0-30 y de 30-60; se tomó una gota de cada muestra experimental y se colocó en la tapa del refractómetro.

*Determinación de acidez (% de ácido Aconítico)*

La acidez titulable se realizó por volumetría con NaOH al 0.1N. Se tomaron los fundamentos de la NMX-F-102-S-1978, se midió 10 mL de cada corrida experimental y como indicador se adicionó 3 gotas de fenolftaleína, posteriormente se tituló con NaOH 0.1N y se calculó mediante la ecuación 2.

$$\% \text{Ácido Aconítico: } \left[ \left( \frac{f \cdot v \cdot N}{w} \right) \right] \cdot 100 \quad \text{EC. (2)}$$

Donde:

f: Factor del ácido aconítico (0.058)

v: Volumen titulado de NaOH (mL)

N: Normalidad (0.1N)

W: Peso de la muestra (g)

*Determinación de biomasa*

La cuantificación de biomasa se realizó por cuenta directa en una cámara de Neubauer, se realizó por el método microscópico descrito por Aguilar *et al.* (2015). De las muestras obtenidas cada 6 h, se tomó una gota y se colocó en una

cámara de Neubauer, se contaron la cantidad de células con el objetivo de 40x en un microscopio (Marca: Motic). La cuantificación se realizó mediante la ecuación 3 para obtener células/mL.

$$\text{Células/mL} : 10,000 \times 5 \times 10 \times A \quad \text{EC. (3)}$$

Dónde:

A: Número de células contadas en los 5 cuadrantes.

#### Determinación de bióxido de azufre libre

Se determinó el dióxido de azufre libre (SO<sub>2</sub>) presente en el producto terminado por volumetría utilizando una solución valorada de yodo al 0.02 N.

Se tomaron 25 mL de muestra (cerveza), se transfirió a un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Se adicionaron 2.5 mL de disolución de almidón como indicador, 2.5 mL de ácido sulfúrico concentrado y 50 mg de bicarbonato de sodio para expulsar el aire. Posteriormente se valoró rápidamente el ácido sulfuroso libre utilizando la disolución de yodo 0.02 N a una temperatura de 18 °C. El punto final de la valoración se terminó una vez que apareció una coloración azulada, la cual persistió durante 1-2 minutos.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Análisis fisicoquímicos de la materia prima

Los resultados de los análisis fisicoquímicos del jugo del vástago de milpa y mexale, permitieron caracterizar la materia prima que se utilizó para la producción de la bebida alcohólica, los cuales se observan en la tabla 2.

Tabla 2. Determinación de °Brix, acidez y pH de vástago de maíz y mexale.

Materia prima	°Brix	pH	% Acidez
Jugo de maíz	11±0	5.97±0.009	0.20±0.012
Mexale	13±0	5.93±0.009	0.19±0.012

\* Los datos son expresados como el promedio de las observaciones ± su desviación estándar.

De acuerdo con lo observado en la tabla 2, para el diseño de experimentos se utilizó el jugo de maíz a 12 °Brix de la comunidad de Coyomeapan, Puebla. Por otra parte, el mexale mostró gran contenido de sólidos solubles con 13 °Brix, por lo que es apropiado para la fermentación y elaborar productos alcohólicos.

#### Diseño experimental óptimo

El diseño experimental de Superficie de Respuesta (RSM) realizado con Minitab® 17, constó de 26 tratamientos donde los factores fueron la cantidad de inóculo y °Brix (figura 2).

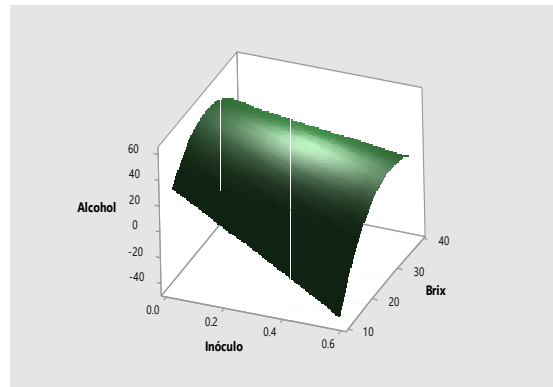


Figura 2. Gráfica de contorno de superficie de respuesta para etanol.

En la figura 2 se muestra la variable de superficie respuesta de etanol, la cual fue determinada por dos factores de estudio (°Brix e inóculo), estos representan la región donde se encuentran los valores máximos. Esta gráfica muestra que el mejor tratamiento para obtener el máximo contenido de etanol es; 35 °Brix con 5.58 g de inóculo por cada 10 L de mosto.

#### Cinética de fermentación

En la tabla 4 se observa el comportamiento cinético de la fermentación del mejor tratamiento en biorreactor. La fermentación se realizó durante 72 h, y se obtuvieron muestras cada 6 h.

Tabla 3. Comportamiento cinético de la fermentación por 72 horas.

Tiempo (h)	Brix	Azúcares reductores (mg/mL)	°GL	Células/mL
0	40	62.349	0	5.00E+06
8	38	58.397	0	9.00E+06
16	35	54.508	3.916	1.10E+07
24	31	52.092	14.752	1.45E+07
32	29	51.067	17.885	1.80E+07
40	28	47.851	20.888	2.20E+07
48	24	47.695	22.585	2.20E+07
56	23	46.251	25.196	2.50E+07
64	21	40.138	26.632	2.65E+07
72	19	35.897	26.762	3.30E+07

La tabla 3 muestra que, después de las 56 horas de la fermentación se llega a la máxima producción de etanol, tiempo en el cual se puede detener la fermentación, sin embargo, se dejó fermentar hasta las 72 h para poder obtener todos los parámetros cinéticos y tener resultados más precisos.

*Biomasa, alcohol y azúcares reductores*

En la figura 3, se observa el crecimiento de biomasa en la bebida por 72 horas, al igual que el aumento de grados de alcohol con respecto al consumo de sustrato. De acuerdo a Machín *et al.*, (2016), la levadura crece simultáneamente con la producción de alcohol por espacio de 20 horas. La velocidad aumenta de forma rápida hasta alcanzar el máximo al término de 15 horas.

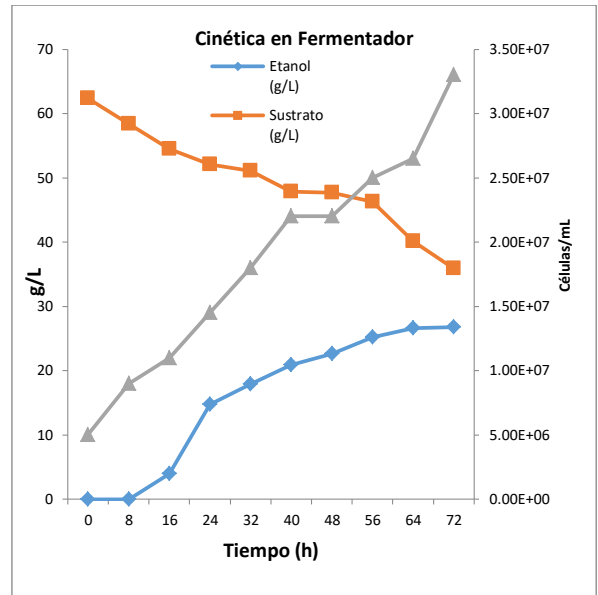


Figura 2. Gráfica de comportamiento cinético de la fermentación respecto a la biomasa, alcohol y azúcares reductores

En la tabla 4, se observan los datos obtenidos de la fermentación, teniendo como resultado un 26.76% de alcohol, un tiempo duplicación de 2.57 h (td) y un rendimiento del 1.01 °GL/ g de sustrato.

Tabla 4. Parámetros cinéticos de la fermentación.

Parámetros	Resultados
$\mu$	0.15 h <sup>-1</sup>
td	2.57 h
Ks	0.01 h <sup>-1</sup>
Kp	314.38 h <sup>-1</sup>
Vmax	0.64 h <sup>-1</sup>
X <sub>0</sub>	5.00E+06
X <sub>f</sub>	3.30E+07
S <sub>0</sub>	62.349 g
S <sub>f</sub>	35.897 g
Y <sub>x/s</sub>	460155.46 células/ g de sustrato
Y <sub>p/s</sub>	1.01 °GL/ g de sustrato

El valor de  $K_s$  es de 0.01 h<sup>-1</sup>, lo cual muestra una afinidad de la levadura por el sustrato que fue el tallo del maíz, sin embargo, la formación de alcohol es muy baja debido a la naturaleza de la levadura que se inhibe con la producción de alcohol. La velocidad máxima de la cinética  $V_{max}$  fue de 0.64 mol/L · h y el rendimiento de

producción de etanol respecto al sustrato Yp/s fue de 1.01 °GL/g de sustrato, obteniendo un rendimiento mayor a lo de una cerveza comercial que es 0.4 °GL/g. Para ser una bebida tipo cerveza se obtuvo una producción alta de alcohol, aunque también se recomienda hidrolizar el tallo de maíz para poder obtener bebidas alcohólicas con mayor grado de alcohol. Confirmando así que existe una relación entre el consumo de nutrientes de un medio y la formación de un producto durante el crecimiento de la levadura. La velocidad específica de crecimiento  $\mu$  fue de 0.15 h<sup>-1</sup> que de acuerdo con Rivas *et al.* (2011), la rapidez de síntesis del producto (etanol) se relaciona directamente con la rapidez de crecimiento. Los datos obtenidos en este trabajo demuestran un crecimiento y formación de etanol muy rápido como lo confirma la velocidad específica de crecimiento y el tiempo de duplicación.

*Análisis fisicoquímicos de la bebida fermentada*

*Acidez vs pH*

En la figura 4, se observa el comportamiento fisicoquímico de la bebida, donde la acidez es inversamente proporcional al pH con respecto al tiempo.

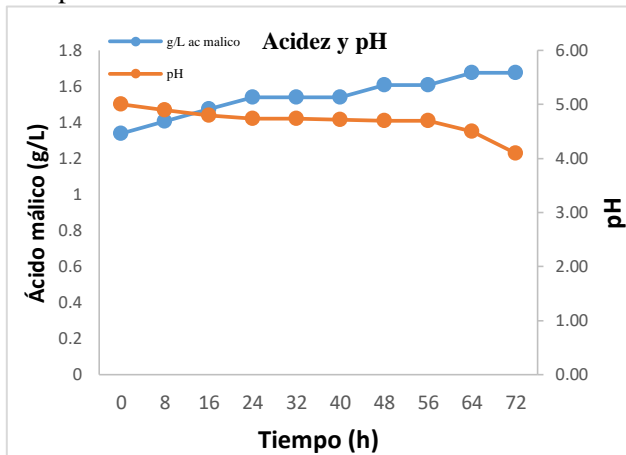


Figura 3. Comportamiento cinético de la fermentación (acidez y pH).

De acuerdo con Machín *et al.* (2016), el pH óptimo en el cual se desarrollan mejor los microorganismos, oscila entre 3.5 y 5. Las levaduras tienen la ventaja de soportar medios

ácidos por lo que el pH obtenido de la bebida fermentada permitió una fermentación favorable y libre de microorganismos inhibidores.

*Determinación de bióxido de azufre libre*

Tabla 5. Análisis del metabolito tóxico

Metabolito tóxico	resultado	Límite máximo	Referencia
bióxido de azufre	46.08 mg/L	55 mg/L	NOM-199-SCFI-2017

En la tabla 5 se muestra el resultado obtenido del análisis del contenido de bióxido de azufre libre encontrado en la cerveza tipo artesanal el cual fue de 46.08 mg/L. Los resultados se encuentran dentro de los límites permisibles de la norma NOM-199-SCFI.

**IV. CONCLUSIONES**

Con el diseño experimental fue posible obtener el tratamiento óptimo para la elaboración de una bebida tipo cerveza a partir del tallo de milpa y mexale con la preparación inicial del biorreactor con 39 °Brix y 0.58 g de levadura/L, obteniendo un producto con 26.7 % de alcohol e inocuo para el consumo humano de acuerdo a los bajos índices de bióxido de azufre. Las materias primas utilizadas son consideradas como residuos orgánicos de bajo costo y ricas en carbohidratos.

**V. REFERENCIAS**

Aguilar, J., Espinoza, M., Cabanillas, J., Ávila, I., García, A., Julca, J., Linares, G. (2015). Evaluación de la cinética de crecimiento de *Saccharomyces Cerevisiae* utilizando un medio de cultivo a base de melaza de caña y B. Pavón Chocano Antonio “Generalidades del cultivo del maíz” 2007. Carretero. F. (03 de junio de 2013). Innovación tecnológica en la industria de bebidas.

- Obtenido de procesos de fabricación de bebidas alcohólicas:
- H.J. Vázquez y O Dacosta “Fermentación alcohólica” Universidad Autónoma Metropolitana (2006).
- Hernández, R.M. y Sastre, G.A. 1999. Tratado de Nutrición. Editorial Díaz López, A., García, G.M., Quintero, R.R., López-Munguía A., Canales, I.
- López Mehia “granada: una fuente de antioxidantes” Universidad de las Américas Puebla (2010).
- Machín, C., Garrido, N., Guevara, C. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Cuba: ICIDCA.
- Miller, G. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *anal.chem.* 31: 426-428.
- NMX-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos. foodstuff determination of crude fiber. Normas mexicanas. Dirección general de normas.
- NMX-F-102-NORMEX-2010, Alimentos-determinación de acidez titulable en alimentos-método de ensayo (prueba) (esta norma cancela a la nmx-f-102-s-1978).
- NMX-F-102-S-1978. Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. Norma mexicana. Dirección General de Normas.
- NMX-F-103-1982. Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de grados Brix. Foods. Fruits and derivatives. Determination of degrees brix. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos. Determination of pH in foods. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-428-1982. Alimentos. Determinación de humedad (método rápido de la termobalanza). Foods. Determination of moisture (thermobalance rapid).
- NMX-V-013-S-1980. Bebidas Alcohólicas Destiladas. Determinación del por ciento de alcohol en volumen en la escala Gay-Lussac a 288 K (15°C). Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. (Esta norma cancela a NOM-V-13-1970).
- NOM-142-SSA1-1995. Bienes y servicios. Bebidas alcohólicas. Especificaciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial.
- Norma Mexicana NMX-F-317-NORMEX-2013, Alimentos Determinación de pH en Alimentos y Bebidas no alcohólicas Método de Prueba.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-199-SCFI-2017, Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
- OIML. (2011). Guía OIML G-14: Medición de densidad. Obtenido de OIML: <https://www.oiml.org/en/publications/other-language-translations/spanish/g014-es11.pdf>.
- Oviedo, L., Lara, C., & Mizger, M. (2009). Levaduras autóctonas con capacidad fermentativa en la producción de etanol a partir de pulpa de excedentes de plátano *Musa* (AAB Simmonds) en el departamento de Córdoba, Colombia. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 11(1), 1-7.
- Perez G. Y Navea J (2010) Determinación de adulteraciones en ciertas bebidas alcohólicas Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Laboratorio de Análisis y productos agroindustriales.
- Rivas, S. 2011. Prácticas de laboratorio de microbiología: cultivo y aislamiento de hongos. Universidad del Cauca. Primera edición. Popayán, Cauca, Colombia. 84 p.
- Valdés, A., Bruno, D., Mota., Cristóbal, N. (2015). Cinética para la producción de bioetanol usando levadura *Sacharomyces cerevisiae*. Guadalajara: ICIDCA.



- Varnan, A.H. y Sutherland, J.P. 1997. Bebidas: Tecnología, Química y Microbiología. Editorial Acribia. España. pp. 307-372.
- Vázquez A. (2016), El maguey pulquero una planta multifuncional, Buenos aires Argentina.
- Vincent, V.M.C., Álvarez, B.S., Zaragoza, C.J.L. 2006. Química industrial orgánica. Editorial Universidad Politécnica de valencia. España. pp. 67-93.