

## ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TIPO TEGÜINO CON MAÍZ (*Zea mayz*) Y NARANJA (*Citrus sinensis*)

### ELABORATION OF AN ALCOHOLIC DRINK TYPE TEGÜINO WITH CORN (*Zea mayz*) AND ORANGE (*Citrus sinensis*)

Cejudo-Valentin, R.<sup>1</sup>, Balderas-Montalvo, E. J.<sup>1</sup>, Contreras-Ramírez, A.<sup>1</sup>, Domínguez-Casas, M.<sup>1</sup>, Suárez-Ibáñez, C. E.<sup>1</sup>, Zamora-Morales, A.<sup>1</sup>, Bravo-Delgado, HR.<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. \*rafael.bravo@uttehuacan.edu.mx

#### Resumen

El tesgüino es una bebida tipo cerveza cuyo origen se encuentra en la cultura Tarahumara en el estado de Chihuahua, producto de una fermentación alcohólica de los azúcares contenidos en los granos de maíz. Dado que el consumo de esta bebida está en declive, el objetivo del presente proyecto fue elaborar una bebida alcohólica a base de maíz (*Zea mayz*) saborizada con naranja (*Citrus sinensis*). Se utilizó un diseño experimental superficie de respuesta para la obtención de la formulación y adicionalmente los parámetros cinéticos. Al producto final se le determinó la cantidad de azúcares reductores a través del método Miller DNS (Dinitrosalicílico), así mismo se cuantificó el porcentaje de etanol mediante el método de Dicromato de Potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ), de igual manera la cantidad de biomasa por el método del microscopio (cámara de recuento Neubauer) y la caracterización fisicoquímica °Brix, pH y acidez. Se obtuvo una bebida con un contenido de alcohol de 20 g/L y 37.1 mg/L de Dióxido de azufre, siendo inocuo para el consumo humano.

**Palabras clave:** alcohol, tesgüino, fermentación.

#### Abstract

Tesgüino is a beer-type beverage whose origin is found in the Tarahumara culture in the state of Chihuahua, product of an alcoholic fermentation of sugars contained in corn grains. Since the consumption of this beverage is declining, the objective of this project was to develop an alcoholic beverage based on corn (*Zea mayz*) flavored with orange. Kinetic parameters were obtained with an experimental design to obtain the formulation. The amount of reducing sugars were determines to the final product with the Miller DNS (Dinitrosalicílico) Method, likewise a quantification of ethanol was made by Potassium Dicromate ( $K_2Cr_2O_7$ ) method. The amount of biomass was determined by the Neubauer method (counting chamber) as well as a physicochemical characterization of °Brix degrees, pH and acidity. A beverage with an alcohol content of 20 g / L and 37.1 mg / L of Sulfur Dioxide was obtained, being safe for human consumption.

**Key words:** alcohol, tesgüino, fermentation.

---

1\* Autor responsable

Recibido: Mayo 2019. Aceptado: Agosto 2019

Publicado como ARTÍCULO en la Revista Tecnológica Agroalimentaria 3(1): 12-17, 2019, ISSN 2395-8332

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es el más importante en México, de los 16 millones de hectáreas cultivadas en los últimos 20 años, el 50% correspondió a este cereal. Desde 1993 la producción nacional se ha ubicado alrededor de 18 millones de toneladas; el 70% de la producción nacional se encuentra en 8 entidades federativas: Chiapas, Guerrero, Jalisco, Edo. México, Puebla y Sinaloa (Arenas, 2009).

De acuerdo a la FAO (2009) la naranja ocupa el quinto lugar en producción en México, ubicándolo en la cuarta posición a nivel mundial en producción de dicho cítrico, ya que en 2008 se produjeron 4,306,633 toneladas. Los principales estados productores de Naranja en orden de importancia: Veracruz, que presenta una participación del casi 50% de la producción nacional, San Luis Potosí, Tamaulipas y Puebla (SAGARPA, 2009).

Del maíz surgen innumerables alimentos y bebidas entre estas últimas se encuentran: La producción de alimentos fermentados (Caplice y Fitzgerald, 1999). Dentro de estos alimentos encontramos el pozol, el tejuino, y el tesgüino o batari (Barros y Buenrostro, 1997).

La producción de alimentos fermentados es una de las tecnologías de procesamiento de alimentos más antiguas conocidas por el ser humano. Se han descrito métodos de fermentación que datan del año 6000 a.C. y aunque eran llevados a cabo de forma artesanal y, por tanto, no se apreciaba el papel de los microorganismos, daban productos no solo con características sensoriales diferentes y en muchos casos superiores, sino aportes nutricionales que no conlleva el consumo del producto inicial (Caplice *et al.*, 1999).

Las levaduras son hongos unicelulares que se han utilizado durante siglos para la obtención de productos como el vino, la cerveza o el pan. Todas metabolizan azúcares, como la glucosa,

fructosa y manosa, pero algunas son capaces de hacerlo en condiciones anaeróbicas, con la producción de alcohol y anhídrido carbónico, en el proceso conocido como fermentación. La reproducción de las levaduras en especial utilizadas industrialmente es normalmente asexual a través de la gemación en la superficie, pero en la reproducción sexual también se puede dar en determinadas condiciones (Calzada *et al.*, 2000).

El tesgüino es una bebida fermentada de maíz la cual proviene de una fermentación alcohólico-láctica, seguida de otra alcohólica acética, el cual tiene propiedades ricas en carbohidratos que al pasar por un proceso de fermentación se reutiliza con el fin de producir etanol a través de una ruta metabólica oxidoreductora (Almeida, 2006).

En el estado de Puebla, el municipio de Tepanco de López, tiene como principal sustento la explotación agronómica el maíz. El principal uso del maíz es la nixtamalización y la producción de alimento avícola, sin embargo, existen mermas de maíz las cuales son desaprovechadas y algunas veces desechadas, es por ello que, se plantea darle un valor agregado al maíz, mediante el desarrollo de una bebida fermentada tipo tesgüino, con el fin de incrementar la actividad económica del municipio, y retomar las bebidas ancestrales y nativas de México, que actualmente son poco apreciadas y que no han sido aprovechadas y explotadas.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### *Materia prima*

Se utilizaron granos de mazorca de maíz (*Zea mays*) los cuales fueron cosechados en noviembre de 2018 en Tepanco de López Puebla, localizada en el sureste del territorio de Puebla a 18°33'18"N 97°33'37"O/18555,-97.560277777778.

El proceso inició con la recepción de materia prima acondicionando 2.200 kg de maíz, se

realizó el proceso de selección, lavado y descascarillado manualmente. Se realizó una hidratación al maíz con 4 L de agua por un periodo de 24 horas a una temperatura de 45 °C seguido de un filtrado. Se llevó a cabo una germinación por un lapso de 48 horas a una temperatura de 25 °C.

#### *Fermentación en microfermentadores*

Se realizó un diseño factorial 2<sup>k</sup> donde los factores fueron concentración de sustrato y cantidad de levadura. Los experimentos se realizaron en botellas de vidrio de 250 mL colocando en la parte superior mangueras para la salida de CO<sub>2</sub>, cada frasco contenía 100 mL de muestra, disponiendo de 13 tratamientos por duplicado en un periodo de 48 horas de fermentación, tomando muestras cada 4 horas hasta el término de la fermentación. A cada microfermentador se le midió cantidad de azúcares reductores y alcohol para obtener el mejor tratamiento.

#### *Fermentación en biorreactor*

Se usaron 2 Kg de maíz molido y 2 Kg de piloncillo, se calentaron en una olla de acero a 85 °C hasta obtener la concentración deseada de 22 °Brix en la mezcla homogenizada. Se añadiría 5% de jugo de naranja para obtener aromas y azúcares fermentables. Se realizó un filtrado a una temperatura de 25 °C. El filtrado se trasladó a un biorreactor de plástico previamente esterilizado con 0.6 g metabisulfito de potasio (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), con una capacidad de 20 L, contando con un balero de acero inoxidable en la parte superior, así como con un vástago de PVC unido a las aspas del mismo material con función de agitación manual a la muestra cada 60 min durante 72 h, contando en la parte inferior del biorreactor con una llave de plástico para poder extraer 100 mL de muestra cada 8 h.

#### *Determinación de Densidad*

Para la determinación de densidad en la bebida alcohólica fermentada se hizo en análisis con el método indicado en la NOM-142-SSA1-1995.

#### *Determinación de pH*

Para la determinación de pH, en la bebida alcohólica fermentada se llevó a cabo la metodología descrita en NMX-F-317-S-1978.

#### *Cuantificación de Azúcares reductores*

Para la determinación se empleó el método propuesto por Miller, 1959, usando un matraz aforado de 100 mL en el cual se agregaron 1.06 g de NaOH, 30g de tartrato de potasio, 1 g de DNS aforando con dH<sub>2</sub>O y se almacenó en frasco ámbar a una temperatura de 4°C.

La curva de calibración se realizó preparando un stock de glucosa al 4% en un tubo de ensayo con 10 mL de agua destilada.

Las muestras fueron centrifugadas a 5,000 rpm durante 15 minutos y clarificadas pasando por una bureta de 50 mL con carbón activado. Cada muestra fue diluida 1/100 y se adicionaron 500 µL de DNS, se calentaron a ebullición por 5 min, se enfriaron a chorro de agua, se adicionaron 5 mL de H<sub>2</sub>O y se realizó la lectura en un espectrofotómetro (Thermo Scientific modelo Genesys 10S uv-vis) a 540 nm.

#### *Determinación de acidez titulable*

Para llevar a cabo la determinación de acidez titulable en las corridas experimentales, se basó la NMX-F-102-S-1978, haciendo los cálculos correspondientes para obtener el resultado.

#### *Determinación de biomasa*

La determinación de biomasa se realizó por medio de conteo en cámara de Neubauer en el cual se colocó una gota de cada muestra obtenida, previamente diluidas 1-100, posteriormente se observó en un microscopio (Marca: Motic), una vez enfocada la cuadrícula se realizó el conteo empezando por la cuadrícula del medio posteriormente se contaron las células de los cuadrantes de cada esquina y para concluir

se realizó la suma de las células de todos los cuadrantes.

### Cuantificación de etanol

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 y 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, esto gota a gota hasta que finalizó el burbugeo (solución d).

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 bióxido de azufre libre

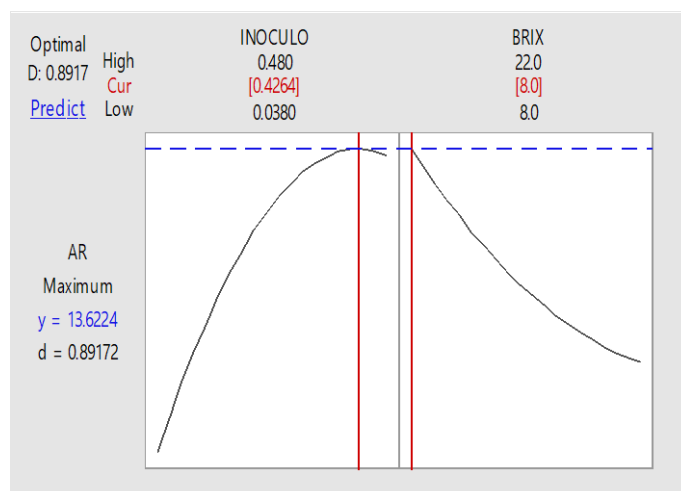
Se determinó el dióxido de azufre libre (SO<sub>2</sub>) presente en el producto terminado por volumetría utilizando una solución valorada de yodo al 0.02 N.

Se tomaron 25 mL de muestra, 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.

De acuerdo al diseño experimental se obtuvieron un total de 13 muestras por duplicado como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Diseño factorial 2<sup>k</sup> de la Metodología de Superficie de Respuesta

Muestras	Inoculo g/100 mL	°Brix	Consumo de AR g/100 mL
1	0.25	22	8.17
2	0.48	15	11.96
3	0.038	15	0.00
4	0.4	20	6.81
5	0.25	15	11.49
6	0.46	15	13.11
7	0.25	15	8.47
8	0.25	15	10.85
10	0.25	15	7.70
11	0.1	10	11.66
12	0.25	15	11.36
13	0.1	10	3.32
14	0.1	20	9.53
15	0.25	8	15.28
16	0.038	15	0.00
17	0.4	20	9.70
18	0.1	20	14.13
19	0.25	8	14.85
20	0.25	22	1.66
21	0.25	15	7.70
22	0.25	15	7.53
23	0.4	10	3.49
24	0.25	15	13.32
25	0.25	15	2.98
26	0.4	10	11.36



## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 1. Gráfica de la optimización de los tratamientos de los tratamientos de la fermentación mediante el consumo de azúcares reductores.

En la figura 1 se muestra la optimización del mejor tratamiento en el cual se puede observar que el tratamiento más adecuado para realizar la fermentación, fue a 22 °Brix iniciales y 0.48 g de inóculo por cada 100 mL de mosto.

En la tabla 2 se muestran los parámetros cinéticos de la fermentación, donde se observa una velocidad de crecimiento  $\mu$  de  $0.16 \text{ h}^{-1}$ , tiempo de duplicación **td** de la levadura de 2.93 h, una constante de afinidad de sustrato **Ks** de  $0.01 \text{ h}^{-1}$ , mostrando una gran afinidad de la levadura por los sustratos. Se obtuvo una concentración de alcohol de  $20 \pm 2 \text{ g/L}$  de mosto de fermentación. Muñoz, M. (2017), reporto que el tejuino tiene un contenido de alcohol de 2 a 3 g/L, siendo mucho más bajo que nuestra bebida, y esto se debe al contenido de azúcares

Parámetros cinéticos	
Td	2.93 h
Ks	$0.01 \text{ h}^{-1}$
$\mu$	$0.16 \text{ h}^{-1}$
Y x/s	$5.5 \times 10^7 \text{ UFC / mL de mosto}$

fermentables que se usaron para la fermentación. En este trabajo se usaron 22 °Brix, lo cual es mucho mayor a lo usado convencionalmente en el tejuino que es de 8 a 12 °Brix.

Tabla 2. Parámetros cinéticos de la fermentación

Figura 2. Comportamiento de la cinética de fermentación

La Figura 2 muestra la gráfica del comportamiento de la cinética de fermentación de la bebida fermentada tipo tesguino. Como se puede observar a partir de las 24 h comienza la producción de alcohol, hasta llegar a las 72 se hace asintótica la producción de alcohol.

#### Determinación de metabisulfito de potasio

El metabisulfito de potasio es un aditivo alimenticio muy utilizado ya que cuenta con características conservantes y antibacterianas el cual se le adicionó al producto para esterilizar el medio y evitar la contaminación por microorganismos no deseados. Se consultó el Reglamento (UE) 2015/830 el cual menciona que, se deben evitar altas temperaturas ya que este reacciona y libera  $\text{SO}_2$ , el cual, en cuanto a los efectos de su consumo, provoca irritaciones en el tubo digestivo y hace inactiva la Vitamina B. En grandes dosis mayores a  $50 \text{ mg/L}$  según la NOM-199-SCFI-2017, y puede provocar dolores de cabeza, náuseas, vómitos, alergia, irritación de los bronquios y asma (CCSSSO, 1997). Es por ello que se determinó la cantidad de bióxido de azufre contenida en el producto con respecto a la **NMX-V-027-S-1981. BEBIDAS ALCOHÓLICAS**, obteniendo como resultado  $37.1 \text{ ml/L}$  y hacienda una comparación con los parámetros que establece la NOM-199-SCFI-2017 se encuentra dentro de los límites permitidos así mismo se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3. Resultado del análisis del metabolito tóxico (Bióxido de azufre libre) en el producto final.

Determinación	Resultado	Limite	Norma
Bióxido de azufre libre	37.1 mg/L	50 mg/L	NOM-199-SCFI-2017

#### IV. CONCLUSIÓN

Se produjo una bebida a tipo tesguino con 20 °GL a base de maíz (*Zea mays*) saborizado con jarabe de naranja (*Citrus cinensis*), con bajo contenido de Bióxido de Azufre libre (SO<sub>2</sub>) presente, cumpliendo con la norma NOM-199-SCFI-2017, como producto inocuo para consumo humano.

#### V. REFERENCIAS

Almeida C., Esteves B. (2006). Nouveaux Défis pour les Biocarburants Brésiliens. *Revista Biofutur*, No. 269, Septiembre, pp. 32–36.

Arenas, D. (2009). Estudios de cambios estructurales y en algunos compuestos fenólicos durante la elaboración de tesguino de maíz azul (*Zea mays*). (Tesis de Doctorado). Instituto Politécnico Nacional México, D. F.

Caplice, E., Fitzgerald, G. (1999). Food fermentations: role of microorganism in food production and preservation. *Int. J. Food Microb*, 50:131-149

FAO (2009) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

NMX-V-016-1980. Bebidas alcohólicas destiladas. Determinación de acidez total. distilled alcoholic beverages. determination of total acidity. Normas mexicanas. Dirección general de normas.

NMX-V-027-S-1981. Bebidas alcohólicas. Determinación de bióxido de azufre libre. alcoholic beverages. determination of free sulfur dioxide. Normas mexicanas. Dirección general de normas

NOM-199-SCFI-2017, Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba

NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria.

Muñoz, M. (2017). Tejuino, la bebida funcional. *CienciaMX Noticias*.

SAGARPA (2009). Secretaria De Agricultura, Ganadería.