

Efecto de las bajas temperaturas en las características fisicoquímicas del pulque (*Agave salmiana Xamini*)

ARROYO-CRUZ, Celerino† & REYNOSO-OCAMPO, Carlos Abraham

Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital

Recibido Enero 04, 2016; Aceptado Febrero 25, 2016

Resumen

El pulque, una bebida consumida por poblaciones indígenas y mestizas de muchas regiones del país, cuenta con una larga tradición desde tiempos prehispánicos. Se caracteriza por ser una bebida alcohólica, blanca, con olor fuerte y viscosa. Con el paso del tiempo la costumbre de tomar la "bebida de los dioses" se fue perdiendo drásticamente (Erlwein, 2009). De acuerdo a lo anterior y según la NMX-V-037-1972 el pulque es el líquido que se obtiene por fermentación alcohólica de aguamiel. Entre las variedades encontradas se seleccionó el maguey *Agave salmiana Xamini* por ser la de mayor rendimiento y la más adaptable a las condiciones climáticas de la región en 4 a 8 años (Erlwein, 2009). La metodología consistió en someter al pulque a diferentes temperaturas debajo de cero grados centígrados por un periodo de 16 horas, posteriormente se descongelaron las muestras después del tiempo propuesto realizando análisis comparándolo con el pulque fresco. Mediante la aplicación de un diseño experimental aleatorizado y utilizando la prueba estadística Chi cuadrada (X^2), con la finalidad de comprobar si existe diferencias significativas en cuanto a las características fisicoquímicas con respecto al tratamiento térmico del pulque (*Agave salmiana Xamini*). Se encontró que no existe diferencia significativa al aplicar los diferentes tratamientos térmicos..

Pulque, Agave

Abstract

Pulque, a beverage consumed by indigenous and mestizo populations in many regions of the country, has a long tradition since pre-Hispanic times. It is characterized for being an alcoholic, white, beverage and viscous strong odor. Over time the habit of taking the "drink of the gods" was drastically losing (Erlwein, 2009). According to the above and according to the NMX-V-037-1972 pulque it is the liquid obtained by alcoholic fermentation of mead. Among the varieties found the maguey *Agave salmiana Xamini* was selected to be the highest performing and most adaptable to the climatic conditions of the region in 4-8 years (Erlwein, 2009). The methodology consisted of subjecting the pulque at different temperatures below zero degrees Celsius for a period of 16 hours, the samples were subsequently thawed after time comparing it proposed making fresh pulque analysis. By applying randomized experimental design and statistics using Chi square test (X^2), in order to check whether there are significant differences in physicochemical characteristics with respect to heat treatment of pulque (*Agave salmiana Xamini*). It was found that there is no significant difference by applying different heat treatments.

Pulque, Agave

Citación: ARROYO-CRUZ, Celerino & REYNOSO-OCAMPO, Carlos Abraham. Efecto de las bajas temperaturas en las características fisicoquímicas del pulque (*Agave salmiana Xamini*). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 2016, 3-6: 19-24.

*Correspondencia al autor (Correo Electrónico: carroyo@utvm.edu.mx)

† Investigador contribuyente como primer autor

Introducción

El pulque es una bebida tradicional Mexicana que se obtiene por la fermentación de la savia azucarada conocida como aguamiel, se caracteriza por ser una bebida alcohólica, blanca, con olor fuerte y viscosa, su proceso de obtención se lleva a cabo a través de una fermentación que da inicio en el maguey, donde se encuentran microorganismos autóctonos como levaduras, bacterias lácticas, bacterias productoras de etanol y bacterias productoras de exopolisacáridos. Estos microorganismos transforman de manera natural parte de los azúcares disponibles en aguamiel, sin embargo el proceso se acelera por la adición de un inóculo iniciador llamado semilla (una porción de pulque previamente producido).

A medida que pasa el tiempo se presentan cambios importantes como un incremento en el porcentaje de etanol y formación de exopolisacáridos como b-glucanos y dextranos; que generan un incremento en la viscosidad. (Hernández, 2002).

La caracterización del pulque es un tema complejo debido precisamente a que no es un solo microorganismo quien lo produce, sino que se ve afectado también por el tipo de maguey del cual proviene, la tierra donde se cultivo y el clima donde crece, además de la época de recolección y las prácticas de inocuidad llevadas a cabo durante su proceso y fermentación.

El maguey pulquero o *Agave salmiana Xamini* es la especie de maguey más robusta y de mayor producción de aguamiel, sus hojas miden aproximadamente 2.5 m. De esta especie se obtiene el pulque, para ello antes de que se desarrolle el tallo foral se elimina este y se hace en su sitio una cavidad donde se almacena la savia, la cual por fermentación produce pulque (Flores, 2008).

El maguey pulquero (*Agave salmiana Xamini*) es una de las especies con mayor adaptación a la deficiencia del agua en el suelo, pudiendo subsistir hasta con 150 mm anuales y por periodos de hasta 9 meses prácticamente sin agua, aunque óptimamente prospera en precipitaciones medias anuales, desde los 335 hasta los 924 mm, el cultivo del grupo *salmiana Xamini* se desarrolla entre los 1200 a 2500 metros de altitud con lluvias de 360 a 1000 mm anuales (Hernández, 2002).

Se han encontrado pocos métodos de conservación del pulque, algunos de ellos son por pasteurización y por adición de alcohol. El primer método implica someter al pulque a temperaturas de pasteurización, con esta metodología se detiene la fermentación del mismo lo cual brinda la posibilidad de poder enlatarlo y así transportarlo a grandes distancias y mercados foráneos como son E.U.A. y Europa.

El segundo método descubierto en 1879 por Alfonso Herrera es adicionar alcohol desinfectado (aguardiente de caña al 85 %) logrando conservar pulque en barricas durante un año.

Cabe mencionar que no se conoce un método de conservación actual sobre el pulque que no sea por la adición o eliminación de alguna propiedad del mismo (Herrera, 1879).

Existen muchas técnicas para la conservación de alimentos, una de las más utilizadas es la Congelación, el fundamento de ésta se basa en la solidificación del agua durante el proceso, generando una alta concentración de sólidos solubles lo que provoca una baja en la cantidad de agua libre. La congelación es un medio excelente para mantener casi inalteradas durante un tiempo prolongado las características originales de alimentos perecederos.

Éste tipo de conservación radica en la disminución de la temperatura, generalmente entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo cual permite que las reacciones bioquímicas sean más lentas y además inhibe la actividad microbiana, generando el estado de latencia de ésta, lo que no significa que los microorganismos estén muertos. Durante el proceso se produce la solidificación del agua libre presente en el alimento, es decir, el agua contenida es transformada en hielo a una temperatura habitual de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, disminuyendo así la actividad de agua del sustrato. Bajo este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de bajas temperaturas ($-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) como un medio de conservación sobre las características fisicoquímicas del pulque (*Agave salmiana Xamini*).

Materiales y métodos

Las muestras de pulque fueron colectadas en la localidad de Durango Daboxtha, municipio de Cardonal en el estado de Hidalgo, México. Dicho sitio se ubica en la zona centro de la entidad en la llamada zona otomí entre los $20^{\circ}37'$ latitud norte y los $99^{\circ}07'$ longitud oeste y a una altitud de 2048 m.s.n.m.

Los muestreos se realizaron en bolsas estériles de 500 mL tomando 50 mL de material líquido (pulque) correspondiente para cada uno de los análisis (pH, índice de refracción, °Brix, densidad, Acidez titulable, azúcares reductores, % de alcohol y viscosidad) cabe mencionar que para la prueba de viscosidad se utilizaron 500 mL. El tipo de agave que se seleccionó fue el *Agave salmiana Xamini* del cual se extrajo la materia prima (Aguamiel), para la elaboración del pulque. Posteriormente se realizaron los análisis en la cuarta etapa de fermentación denominada corrida, con un periodo de fermentación de 48 horas, esta es la etapa final y se comercializa en la zona. Las muestras se transportaron refrigeradas.

Tratamientos y evaluación fisicoquímica

Una vez obtenida la muestra, estas se sometieron a un tratamiento térmico a bajas temperaturas (-3° , -8° , -16° y -20°C) por un periodo de 16 horas. Una vez finalizado el periodo propuesto, se procedió a la descongelación de las muestras (a temperatura ambiente) y se llevaron a cabo los análisis antes mencionados. Las pruebas fisicoquímicas se realizaron bajo los siguientes métodos establecidos por la AOAC.

Prueba	Código o Norma
pH	945.10
Viscosidad	974.07
Acidez Total	950.07
Azúcares reductores	920.51
Ceniza	920.54
Densidad	920.50
°Brix	NMX-f-436-SCFI-2011
Índice de Refracción	NMX-f-436-SCFI-2011

Tabla 1 Códigos AOAC y/o normas para los análisis fisicoquímicos

Cabe mencionar que la determinación porcentual de alcohol se realizó preparando distintas diluciones (10%, 15% y 20%) de alcohol con el fin de comprobar si las lecturas coincidían con las concentraciones antes calculadas.

Lo anterior fue realizado con un alcoholímetro digital, siendo confiables los valores obtenidos del alcohol se procedió a efectuar este análisis en el pulque fresco y sometido a los diferentes tratamientos térmicos. Para el cálculo porcentual de alcohol se empleó la siguiente fórmula.

Diseño experimental

Los tratamientos fueron definidos con base a un diseño completamente al azar, con tres repeticiones por unidad.

El análisis de las respuestas contemplo un análisis de varianza, con una prueba estadística χ^2 (Chi Cuadrada) para evaluar si existía diferencia significativa entre el pulque fresco y sometido a los diferentes tratamientos térmicos.

Planteando las siguientes hipótesis:

H_0 : No existe efecto de los diferentes tratamientos térmicos en las características fisicoquímicas del pulque.

H_1 : Existen cambios significativos al utilizar diferentes tratamientos térmicos sobre las características fisicoquímicas del pulque.

Para este diseño se utilizaron los siguientes valores:

$$\alpha = 0.05 \quad X^2_t = 4.35$$

Una vez realizados los cálculos se estableció si existe diferencia significativa entre el pulque fresco y el pulque sometido a los diferentes tratamientos térmicos.

Procedimiento para determinar χ^2 (Chi cuadrada).

Formulas:

$$X^2_c = \sum(O_i - E_i)^2 / E_i \quad (1)$$

$$E_i = P_i * \sum O_i \quad (2)$$

$$P_i = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 = 1 \quad (3)$$

$$P_i: 1 / 5 = 0.20 \quad (4)$$

$$gl: k - 1 = 5 - 1 = 4 \quad (5)$$

$$E_i: (19.53) (0.20) = 3.906 \quad (6)$$

$$X_i^2: \sum (3.91 - 3.906)^2 + (3.87 - 3.906)^2 + (3.82 - 3.906)^2 + (3.96 - 3.906)^2 + (3.97 - 3.906)^2 \quad (7)$$

$$X_i^2: 0.0157 / 3.906 \quad (8)$$

$$X_i^2: 0.0127 \quad (9)$$

El ejemplo anterior fue para el pH; sin embargo, se siguió el mismo tratamiento matemático para cada prueba.

Resultados y discusión

Parámetro	Límite permisible (OMMVA-017-1972)		Temperatura	Pulque con tratamiento térmico					Producto Comercial (Pulque Pasteurizado)
	Mínimo	Máximo		20°C	-3°C	-8°C	-16°C	-20°C	
pH	3.7	4.300	4.310	3.910	3.700	3.820	3.960	3.970	3.400
Índice de Refracción (20°C)	1.319	1.3406	1.340	1.340	1.340	1.340	1.340	1.340	1.340
Brix (°Bx)			1.500	7.500	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Densidad (g/mL)	1.0123	1.0148	1.0149	1.0142	1.0142	1.0142	1.0142	1.0142	1.0178
Acidez Titulable (%)	0.40	0.7100	1.430	0.4788	0.4488	0.4344	0.5052	0.5040	0.118
Azúcares reductores (g/100g)	0.3000	0.5000	0.3300	0.1466	0.1561	0.1802	0.2342	0.2492	4.0154
% de alcohol	0	0	10.2	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.2
Viscosidad (Kg/m*s)	-	-	-	0.001432	0.001432	0.001420	0.001400	0.001400	0.00143

Tabla 2 Cuadro comparativo de las características fisicoquímicas del pulque (*Agave Salmiana Xamini*) sometido a diferentes tratamientos térmicos

En la tabla 2, se muestra en forma resumida los valores promedio obtenidos durante la investigación como resultado de someter muestras de pulque a diferentes condiciones de temperaturas, en esta tabla se puede observar los límites permisibles que establece la norma para las principales características fisicoquímicas del pulque así como el comparativo que se hace con un producto comercial envasado y sometido a un tratamiento de pasteurización.

Parámetro	Tratamientos				
	20°C	-3°C	-8°C	-16°C	-20°C
pH	3.9100 ^a	3.8700 ^a	3.8200 ^a	3.9600 ^a	3.9700 ^a
Índice de Refracción (20°C)	1.3400 ^a	1.3400 ^a	1.3400 ^a	1.3400 ^a	1.3400 ^a
°Brix (°Bx)	7.5000 ^a	5.0000 ^a	5.0000 ^a	5.0000 ^a	5.0000 ^a
Densidad (g/mL)	1.0142 ^a	1.0142 ^a	1.0142 ^a	1.0142 ^a	1.0142 ^a
Acidez Titulable (%)	0.4788 ^a	0.4488 ^a	0.4344 ^a	0.5052 ^a	0.5040 ^a
Azúcares reductores (%)	0.1466 ^a	0.1561 ^a	0.1802 ^a	0.2342 ^a	0.2492 ^a
% de alcohol	10.69 ^a	10.68 ^a	10.67 ^a	10.69 ^a	10.69 ^a
Viscosidad (Kg/m*s)	0.001432 ^a	0.001432 ^a	0.001420 ^a	0.001400 ^a	0.00140 ^a

Tabla 3 Resultado de la tabla ANOVA para los diferentes tratamientos térmicos sobre las características fisicoquímicas del pulque (*Agave salmiana Xamini*) *Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05)

Mediante la aplicación de un diseño experimental y utilizando una prueba estadística Chi cuadrada (X^2), con la finalidad de comprobar si existe una diferencia significativa en cuanto a las características fisicoquímicas del pulque (*Agave salmiana Xamini*).

Se encontró que no existe diferencia significativa al aplicar los diferentes tratamientos térmicos, es decir, ninguna de las propiedades fisicoquímicas antes mencionadas resultaron afectadas estadísticamente.

Debido a la presencia del grupo aldehído y cetona, los monosacáridos son compuestos reductores y presentan cierta reactividad química ante álcalis, ácidos, altas temperaturas y oxidantes (Badui, 2013). Sin embargo, los resultados obtenidos para el parámetro de azúcares reductores en pulque indican que las bajas temperaturas no producen cambios o reacciones químicas que pudieran alterar su concentración.

Se encontró que el porcentaje de alcohol del pulque sometido a tratamiento térmico oscila entre 10.67-10.69 %.

Cervantes, 2008 menciona que el pulque posee cuatro etapas de fermentación: aguamiel, semilla, contrapunta y corrida esta última con un porcentaje de alcohol de 10.35, el pulque utilizado para esta prueba se encontraba en esta última de fermentación esto debido a que los valores obtenidos son similares a los generados mediante una prueba de espectrofotometría.

De igual manera se realizó una comparación del pulque sometido a los diferentes tratamientos térmicos y pulque pasteurizado (Llanos de Apan) que actualmente se encuentra en el mercado. Se encontró que en parámetros como la densidad, acidez titulable, y azúcares existen cambios significativo en comparación a los resultados obtenidos del pulque sometido a tratamiento térmico (congelación), esto es posible debido al proceso de calentamiento al que éste es sometido, lo cual hace que se concentre la cantidad de sólidos presentes en la bebida.

En cuanto a la densidad y azúcares reductores se encontró una mayor variación lo cual indica la adición de azúcares (fructuosa) u otros aditivos con la finalidad de suavizar su sabor. Cervantes, 2008 también hace mención que el contenido de azúcar y proteína va disminuyendo en función del tiempo de fermentación, sin embargo no llega a ser consumido en su totalidad es por esto que el pulque al final del proceso o etapa denominada como corrida tiene un ligero sabor dulce, contenido de proteína y etanol.

Conclusiones

En función de un diseño experimental y una prueba estadística de análisis de varianza (ANOVA) se compararon las cuatro pruebas de temperatura evaluadas en donde se encontró que de acuerdo a la hipótesis planteada no existe diferencia significativa.

Se determinó que las bajas temperaturas se pueden aplicar como medio de conservación ya que estas no afectan las características fisicoquímicas del pulque al ser sometido a los diferentes tratamientos térmicos (-3°C , -8°C , -16°C y -20°C).

Morales (2012), menciona que en cierta forma la calidad y el sabor de los alimentos congelados dependen del tamaño de los cristales de hielo que se generan durante el procesos de congelación, ya que entre más pequeños sean, menos alterará la estructura y sabor del alimento al congelarlo.

En función a las distintas pruebas estadísticas aplicadas y a los resultados obtenidos por cada evaluación se determina que las bajas temperaturas como medio de conservación no influyen en las características fisicoquímicas del pulque.

Es de notar que la congelación no es un método de conservación dirigido a reducir la carga microbiana de los alimentos, sino a preservar su condición, deteniendo el crecimiento bacteriano y reduciendo las reacciones bioquímicas.

La aplicación de bajas temperaturas permiten incrementar la vida útil del pulque sin afectar las características fisicoquímicas mas importantes, por lo se considera que por tiempo y costos que implican someter esta bebida a un tratamiento térmico la temperatura idónea para la conservación del pulque es - 3°C esto en función de los resultados que arrojen futuras investigaciones y pruebas estadísticas.

Referencias

- Corona, D. P. (2006). El pulque, la cultura y la salud. Editorial SAGARPA. México.
- Díaz, C. A. C. (2008). Comoportamiento de Salmonella, Listeria Monocytogenes, Escherichia Coli, Sthapylococcus aureus en el pulque y aguamiel. Tesis Químico en Alimentos, Universidad Autónoma de Hidalgo, México.
- Erlwein, S. (2009). Proceso de elaboración del pulque, su importancia económica y su concepción social en Apan, Hidalgo. Disponible en: <http://www.enah.edu.mx/publicaciones/documentos/32.pdf>. Fecha de consulta: 04 de diciembre 2015.
- Flores, M. A. (2006). Gestión de calidad de una miel obtenida a partir de aguamiel de maguey pulquero (Agave salmiana). Disponible en: [http://www.informatica.sip.ipn.mx/colmex/congresos/morelia/MEMORIAS%202006/TRABAJO S%20EN%20EXTENSO/E-426.pdf](http://www.informatica.sip.ipn.mx/colmex/congresos/morelia/MEMORIAS%202006/TRABAJO%20EN%20EXTENSO/E-426.pdf). Fecha de consulta: 04 de diciembre 2015.
- Friedrich, E. (2008). Propiedades del aguamiel y pulque de Ixmiquilpan: Cactus. Disponible en: <http://201.147.150.252:8080/jspui/bitstream/123456789/3169/1/Reporte%20de%20Investigaci%C3%B3n%202.pdf>. Fecha de consulta: 04 de diciembre 2015.
- Hernández, G. R. (2002). Inducción de enraizamiento en Agave Salimiana Xamini Otto con Agrobacterium rhizogenes y colonización de raíces transformadas por Glomus intraradices. Disponible en: http://digeset.ucoj.mx/tesis_posgrado/Pdf/Guillermo%20Rodriguez%20Hernandez.pdf. Fecha de consulta: 04 de diciembre 2015.
- Herrera, A. (1879). Nuevo procedimiento para la conservación del pulque. Editorial Tip. Literaria de F. Mata. México.
- Juárez, B. A. (2014). El estado actual del Agave salmiana y A. mapisaga del Valle de México. Disponible en: [http://www.itvalleoxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE%20vol%201\(2\)2014/RMAE-2014-11%20Agave.pdf](http://www.itvalleoxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE%20vol%201(2)2014/RMAE-2014-11%20Agave.pdf). Fecha de consulta: 04 de diciembre 2015.
- Llamas, H. I. (1987). Producción y consumo de bebidas alcohólicas en México. Disponible en: http://www.izt.uam.mx/economiatyp/numeros/numeros/01_BIS/articulos_PDF/1_6_B_Produccion.pdf. Fecha de consulta: 04 de diciembre 2015.