

Estandarización del proceso de elaboración de jarabe a partir de aguamiel.

Espíndola-Sotres, Valeria; Trejo-Márquez Ma. Andrea; Lira-Vargas A. Adela ; Ramírez-Ortíz, Ma. Eugenia

Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales. Centro de Asimilación Tecnológica. Av. Dr. Jorge Jiménez Cantú S/N, Col. San Juan Atlámica, Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx. México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.

* andreatrejo@unam.mx

RESUMEN:

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura de proceso en las características de jarabe de agave. Se realizó la estandarización del proceso de elaboración de jarabe de agave a partir de aguamiel originario del estado de Hidalgo, considerando dos métodos (baja y alta temperatura), posteriormente se determinaron parámetros de calidad (sólidos solubles totales, índice de refracción, pH, acidez, carbohidratos, proteína, humedad, cenizas, hidroximetilfurfural, color y conteo de microorganismos) de los productos obtenidos para compararlos con el jarabe comercial marca "Mayé", además se determinó el rendimiento de producción a nivel laboratorio. El proceso a altas temperaturas mostró hasta 17.2% mayor rendimiento tanto energético como de producción comparado con el proceso a bajas temperaturas. Al aplicar temperatura de 85°C se presentó mayor contenido de sólidos solubles, proteína, carbohidratos y menor contenido de humedad. Se concluyó que la temperatura durante el proceso de elaboración es la variable responsable de las diferencias en los parámetros evaluados. El jarabe no es un alimento susceptible al ataque de microorganismos por el proceso térmico al que se somete la materia prima durante su elaboración. Es factible obtener jarabe de agave como procesamiento alternativo del aguamiel.

Palabras clave: *Agave salmiana*, agave pulquero, jarabe de agave.

ABSTRACT:

The objective of this research was to evaluate the effect of the process temperature on the characteristics of agave syrup. The standardization of the agave syrup processing process was carried out using two methods (low and high temperature) using hydromel, after which quality parameters were determined (total soluble solids, refractive index, pH, acidity, Carbohydrates, protein, moisture, ash, hydroxymethylfurfural, color and microorganism counts) of the products obtained to compare them with the commercial syrup "Mayé". The process at high temperatures showed up to 17.2% higher yields both energy and production compared to the process at low temperatures. When applying a temperature of 85 °C presented higher content of soluble solids, protein, carbohydrates and lower moisture content. It was concluded that the temperature during the processing is the variable responsible for the differences in the parameters evaluated. The syrup is not a food susceptible to the attack of microorganisms by the thermal process to which the raw material is subjected during its elaboration. It is feasible to obtain agave syrup as alternative processing of hydromel.

Key words: *Agave salmiana*, agave pulquero, agave syrup.

INTRODUCCIÓN

El maguey pulquero o manzo (*Agave salmiana*) tradicionalmente se utiliza para producir el pulque, sus pencas son utilizadas en la gastronomía mexicana. También se pueden obtener jarabes fructosados, aguamiel, fibra dietética y fibras de la piña de maguey para elaboración de artesanías típicas mexicanas además sus espinas se ocupan como clavos o agujas (López y Mancilla, 2007).

La producción de maguey pulquero ofrece beneficios económicos significativos por ser muy resistente a las condiciones climáticas además de la diversidad de productos derivados; recientemente se obtiene biocombustible de la biomasa fermentada del maguey (SAGARPA, 2014), lo que la convierte en materia prima ideal para la industrialización y aprovechamiento. De acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2013), en 2012 la superficie nacional plantada del género *Agave* era de 9,040.8 hectáreas, sin embargo para 2015 la producción había disminuido hasta 80% en algunas zonas del país, afectando severamente la economía de los productores agrícolas ya que no cuentan con los recursos para mantener la siembra y/o la venta de sus productos no resultan redituables.

Los principales productos derivados son pulque y aguamiel, éste último es un líquido rico en azúcares que se consume bebida refrescante antes de iniciar el proceso de fermentación, que da como resultado el pulque (Parra y col., 2007). Cuando no se destina para la producción de la bebida alcohólica se elabora jarabe de agave, el cual se obtiene por concentración de los azúcares del aguamiel a través de la hidrólisis térmica, este proceso se realiza de manera artesanal en muchas regiones México. En el mercado se ha observado que el jarabe elaborado de manera artesanal presenta diferencias importantes entre los parámetros de calidad, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura de proceso en las características del producto; que permita estandarizar el proceso de producción para ofrecer a los productores la oportunidad de aprovechar de manera rentable los productos derivados del maguey (como el jarabe de agave), para comercializarlo no sólo de manera local y así contribuir a mejorar la economía del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Elaboración artesanal de jarabe de agave

El proceso de elaboración de jarabe de agave se estandarizó considerando la relación tiempo-temperatura (Figura 1). Las muestras se identificaron como: método 1 (baja temperatura), método 2 (alta temperatura) y C identifica a la muestra de jarabe de agave marca “Mayé”. Posteriormente se determinó el rendimiento de producción a partir de 1L de aguamiel proveniente del estado de Hidalgo empleado como materia prima.

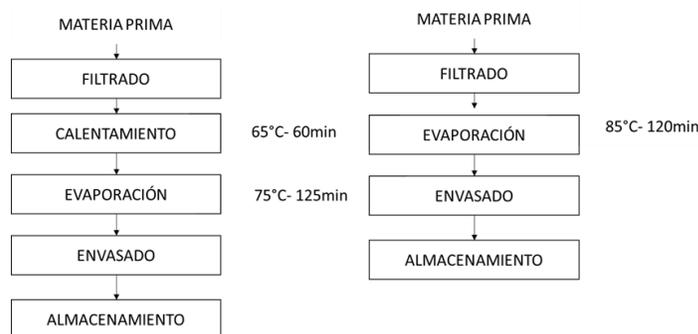


Figura 1. Diagrama de proceso de elaboración de jarabe de agave: a) Método 1; b) Método 2

1.2 Evaluación del jarabe de agave

Parámetros fisicoquímicos. El pH se evaluó de acuerdo a la NOMX-V-041-1972. La acidez se determinó mediante la titulación volumétrica (NOMX-V-042-1972); la determinación de sólidos solubles e índice de refracción se utilizó un refractómetro digital.

Parámetros químicos. La Determinación de proteína se determinó espectrofotométricamente por el Método de Lowry (García y Vázquez, 1998). Los Carbohidratos se realizaron por el método de Lane & Eynon de acuerdo a la NOM-086-SSA1-1994. La actividad de agua de la muestra (A_w) se realizó utilizando un higrómetro de la marca Aqualab CX2. y se calculó de manera indirecta el contenido de humedad de la muestra. El contenido de Hidroximetilfurfural (HMF) se llevó a cabo siguiendo el Método de Carrez, por espectrofotometría en la región de UV (NOMX- FF- 110- SCFI- 2008).

Parámetros físicos. La medición objetiva del color se realizó mediante un Colorímetro de la marca Minolta, se determinó el espectro de color de cada muestra mediante las coordenadas en la escala CieLab (Del Moro y col., 2010).

Comportamiento reológico. Se utilizó un viscosímetro de cilindros concéntricos para identificar el tipo de fluido en función de la viscosidad y se calculó el modelo matemático que describe su comportamiento (Regalado y Noriega, 2008).

Parámetros microbiológicos. El conteo de bacterias mesófilas se realizó de acuerdo a la NOM-092- SSA1-1994. El conteo de bacterias coliformes se realizó de acuerdo a la NOM-013- SSA1-1994. El conteo de mohos y levaduras se realizó de acuerdo a la NOM-111- SSA1-1994. La Ausencia/Presencia (*Salmonella* y *E. Coli*) por el método se basa en el análisis de 25.0 g de muestra en caldo lactosado para la detección de *Salmonella* en alimentos. El cultivo se realizó en un medio diferenciado CHROMagar Salmonella, de 24-48 horas a $36\pm 2^\circ\text{C}$. De acuerdo a la NOM-114-SSA1-1994.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento para el proceso a altas temperaturas fue de 10.15% y a bajas temperaturas fue de 8.4%. Por tanto debido a que el rendimiento del proceso a 85°C fue significativamente mayor fue seleccionado como el mejor método para la elaboración de jarabe a nivel experimental, para el escalamiento del proyecto se recomienda incluir indicadores de tiempo y temperatura además de $^\circ\text{Brix}$ para evitar la caramelización del producto.

2.1 Parámetros fisicoquímicos

Las muestras de jarabe presentaron diferencia significativa en el pH. El pH del jarabe comercial fue 12.12% menor que el obtenido a altas temperaturas y a su vez 30% menor que el jarabe elaborado con el Método 1, ésta última no se encuentran dentro de intervalo de pH (4-6) especificado por la NOMX- FF- 110- SCFI- 2008. El pH cercano al neutro favorece el crecimiento de microorganismos, afectando la vida útil del jarabe (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros experimentales de muestras de jarabe de agave

Parámetro	Método 1	Método 2	Muestra Comercial
pH	6.63±0.02c	5.28±0.03b	4.64±0.02a
Acidez	0.02% ± 0.00a	0.1% ± 0.02b	0.21% ± 0.00c
°Brix	70.33±0.58a	74.33±0.58b	70.33±0.58a
IR	1.3441 ±0.00a	1.3444 ±0.00a	1.3442 ±0.00a
Proteína	3.75%±0.5b	3.92%±0.25c	3.59%±0.4a
Humedad	32.08±0.58b	23.54±0.71a	29.44±0.58c
A. R. totales	64.17%±0.11c	72.54%±0.55b	66.97%±0.94a
HMF	21.94±0.58a	30.23±0.65b	31.78±0.97b
Modelo Reológico	$\tau = 0.5700\gamma$	$\tau = 0.9972\gamma$	$\tau = 0.5100\gamma$

Las letras diferentes en cada fila indican que existe diferencia significativa.

Por otro lado se encontró diferencia significativa en la acidez de jarabe, la muestra comercial presentó una acidez 10 veces mayor que la muestra M1 y 2 veces mayor que la muestra M2. Se comprobó una relación inversa entre el porcentaje de acidez y el pH de las muestras. Esto se debe principalmente a que la acidez presente en el jarabe es conferida por la composición inherente del aguamiel utilizado como materia prima (Campos, 2002).

En los sólidos solubles, la muestra M2 presentó 5.68% mayor concentración que la M1 y la muestra comercial y es la única que cumple con lo establecido en la Norma Mexicana (74 °Brix). El contenido de sólidos solubles de la muestra de jarabe experimental se vio afectado debido a que la modificación del proceso empleando sólo una filtración a diferencia del producto comercial que establece 3 filtraciones. El índice de refracción fue hasta 7% mayor en el jarabe M2, esto indicó mayor proporción de sólidos, lo cual concuerda con los resultados de °Brix.

2.2 Parámetros físicos

Debido a que la NMX-FF-110-SCFI-2008 establece que el jarabe puede tener una amplia variedad de colores no se consideró un parámetro determinante para la calidad del jarabe de agave, por tanto se realizaron espectros de color para evaluar su comportamiento. Como se puede observar en la Figura 2, las muestras tendieron al color rojo, el valor de reflectancia máximo fue aproximadamente del 20%, y van desde los 400 a 700nm dentro de la longitud de onda. Siendo la muestra comercial la más oscura (color café) y la más clara la muestra M2.

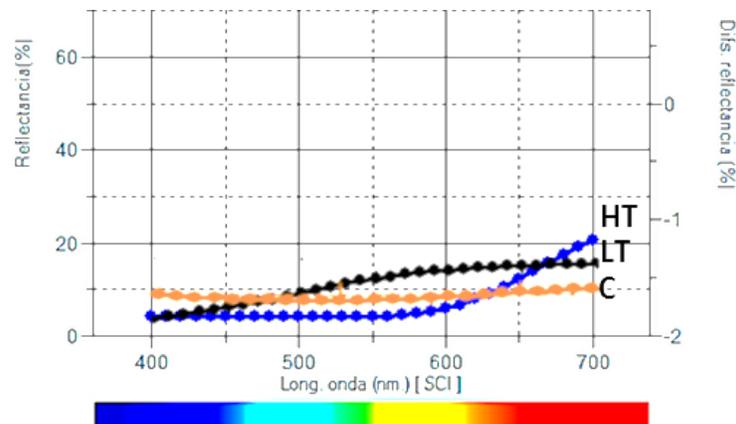


Figura 2. Espectros de color de muestras de jarabe de agave (LT: método 1, HT: método 2, C: muestra comercial)

2.3 Parámetros químicos

El jarabe elaborado con un proceso a temperaturas (M2) presentó 4.2% más proteína con respecto al jarabe M1 y así como 8.4% al jarabe comercial. Los resultados mostraron que el contenido de proteína no se degrada en el proceso de elaboración de jarabe a partir de aguamiel.

El jarabe elaborado a altas temperaturas (M2) presentó 11.5% mayor contenido de carbohidratos que las muestras M1 y a su vez 7.6% mayor a la muestra comercial. Sin embargo, comparando éste parámetro con lo especificado por la NMX-FF-110-SCFI-2008 se determinó que las muestras M1 y C, no cumplen con el 70% que se establece como mínimo. Se concluyó que el porcentaje de azúcares depende directamente de la materia prima y de la concentración durante la elaboración del jarabe. El valor máximo de humedad lo presentó el jarabe elaborado a bajas temperaturas siendo 8.2% mayor que el jarabe comercial y 26.6% que las muestras M2, el resultado se debió a la eliminación de agua durante la etapa de evaporación. Se determinó como parámetro de calidad; ya que un alto contenido de humedad favorece el crecimiento de microorganismos y disminución de la vida útil del producto. El jarabe elaborado con el método 1 presentó 41% menor en contenido de furfural que el elaborado por M2 y la muestra comercial, siendo un indicador de la degradación de azúcares (López y col., 2004), se concluyó que la composición química del jarabe se vió afectada durante el proceso térmico favoreciendo la formación de hidroximetilfurfural, debido en parte al alto contenido de azúcares reductores.

2.4 Comportamiento reológico

En la figura 3 se muestran las curvas del comportamiento reológico de cada una de las muestras de jarabe de agave. No se encontró diferencia significativa entre la viscosidad de las muestras de jarabe M1 y el comercial, sin embargo existió diferencia significativa con respecto al jarabe M2; aunque no cambia el comportamiento reológico, los fluidos siguieron el modelo newtoniano aunque se encontró mayor similitud entre el modelo de la muestra M1 y la muestra comercial. Se recomienda realizar pruebas de consistencia y adhesividad para ampliar las pruebas de caracterización del jarabe porque su comportamiento depende de la humedad y los sólidos solubles que contiene, ya que le otorgan a cada tipo de miel propiedades físicas características, como la actividad de agua, higroscopicidad, tendencia a la granulación y viscosidad (López, 2003).

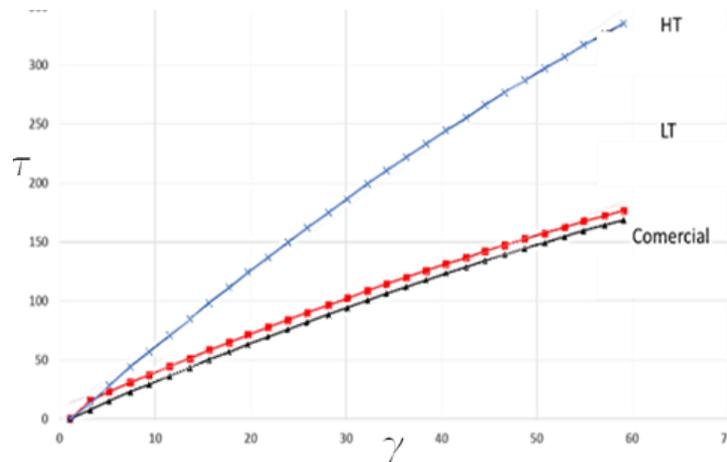


Figura 3. Curva de flujo de muestras de jarabe de agave. (LT: método 1, HT: método 2, C: muestra comercial)

2.5 Parámetros Microbiológicos

El conteo en placa no mostró contaminación microbiana, los resultados se reportan como <250 UFC para mesófilos, coliformes, mohos y levaduras. Como parámetro de calidad e inocuidad se comprobó ausencia de *Salmonella* y *E. coli* en todas las muestras.

CONCLUSIONES

El proceso de elaboración a altas temperaturas ofrece mayor rendimiento tanto energético como de producción (10.15%) comparado con el proceso a bajas temperaturas (8.4%). Fue elegido como el mejor proceso, ya que presentó mayor contenido de sólidos solubles, proteína, carbohidratos y menor contenido de humedad, aunque no el menor contenido de hidroximetilfurfural. Se concluyó que la temperatura durante el proceso de elaboración es la variable responsable de las diferencias en los parámetros evaluados. Éste producto puede proporcionar un valor significativo de proteínas además de utilizarse como sustituto de azúcar. El jarabe no es un alimento susceptible al ataque de microorganismos por el proceso térmico al que se somete la materia prima durante su elaboración. Es factible obtener jarabe de agave como procesamiento alternativo del aguamiel.

Agradecimientos: El presente trabajo se realizó con el financiamiento del Proyecto: Desarrollo Tecnológico para el Aprovechamiento Integral de Frutas y Hortalizas (PAPIIT IT201216) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM.

BIBLIOGRAFÍA

- Campos M. (2002). Obtención de una bebida funcional de bifidobacterias utilizando aguamiel como base. Tesis Maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. I.P.N. México.
- Del Moro, J.; Muñoz, D.; Nadal, V.; Clementz, A.; Pranzetti, V. (2010). El Color En Los Alimentos: Determinación de color en mieles *Invenio*, 13, 25. Pp. 145-152
- García, H. y Vázquez, R. (1998). Cuantificación de Proteínas: una revisión (Bitácora). Instituto de Biotecnología UNAM. Morelos, México.
- López C. (2003). Manual Para la preparación y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado. Capítulo 5. Argentina: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Depósito de documentos de la FAO.
- López, M. J.; Nichols, N. N.; Dien, B. S.; Moreno, J.; Bothast, R. J. (2004). Isolation of microorganisms for biological detoxification of lignocellulosic hydrolysates. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 64(1):125-131.
- López, M. y Mancilla, N. (2007). The nature of fructooligosaccharides in Agave plants. *Recent Advances in Fructooligosaccharides Research*. 2: 47-67.
- NMX-FF-110-SCFI- 2008 (2008) Productos alimenticios – Jarabe de agave - Especificaciones y Métodos de prueba. Normas Mexicanas. Consultado 24 de agosto de 2016
- NMX-V-042-1972 (1972). Método. Consultado 24 de agosto de 2016. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-V-042-1972.PDF>

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

- Parra, S.; Rodríguez, S. y Valdez, R. (2007). Evaluación De La Composición Química Del Aguamiel Y Miel De Maguey Que Se Consume En Zacatecas. XI Jornadas De Investigación, Revista Investigación Científica. 3, 2. ISSN 1870-8196
- Regalado, A. y Noriega, O. (2008) Comportamiento reológico de un fluido. XII Ciencia y Mar (36): 35-42
- Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación (2014) Agave. Consultado el 24 de agosto de 2016. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/Paginas/Galeria%20de%20im%C3%A1genes/Agave.aspx>
- Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana (1994). NOM-086-SSA 1-1994 Bienes Y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. especificaciones nutrimentales. Consultado el 24 de agosto de 2016. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/086ssa14.html>
- Secretaría de Salud (1994). NOM -092-SSA 1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Norma Oficial Mexicana. Consultado el 24 de agosto de 2016. Disponible en: <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Normas/092ssa1.pdf>
- Secretaría de Salud (1994). NOM-110-SSA 1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Norma Oficial Mexicana. Consultado el 24 de agosto de 2016. Disponible en: <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Normas/110ssa1.pdf>
- Secretaría de Salud (1994). NOM -111-SSA 1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Norma Oficial Mexicana. Consultado el 24 de agosto de 2016. Disponible en: <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Normas/111ssa1.pdf>
- Secretaría de Salud (1994). NOM -113-SSA 1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Norma Oficial Mexicana. Consultado el 24 de agosto de 2016. Disponible en: <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Normas/113ssa1.pdf>
- Secretaría de Salud (1994). NOM-114-SSA 1-1994, Bienes Y Servicios. Método Para La Determinación De Salmonella En Alimentos. Consultado el 24 de agosto de 2016. Disponible en: <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Normas/114ssa1.pdf>