



TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO

UTILIZACIÓN DE LA ESPECTROSCOPIA RAMAN PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL MEZCAL

I. Compeán Martínez^a, R. Avila Rodríguez^a, J.M. Mendoza Pérez^a

^aCoordinación Académica Región Altiplano de la UASLP, Matehuala S.L.P.,
raquel.avila@uaslp.mx, isaac.compean@uaslp.mx,
manuelmendoza@alumnos.uaslp.edu.mx

RESUMEN

El mezcal es una bebida alcohólica destilada a partir de mostos cocidos de agave, es un eslabón importante para la economía de varios estados del territorio mexicano, las características de esta bebida están regidas por la NOM-070-SCFI-1994, por ello es importante el desarrollo de métodos alternativos como la espectroscopia Raman para la caracterización de tres categorías del mezcal, el reposado, el joven y el añejo. La espectroscopia Raman es una herramienta analítica que ha cobrado auge en los últimos años por sus ventajas y que es capaz de detectar y cuantificar moléculas inorgánicas, orgánicas y biológicas a bajas concentraciones. Esta investigación tiene como objetivo mostrar la factibilidad de la espectroscopia Raman para la identificación del mezcal en cada una de sus categorías basándose en los estándares ya existentes. La obtención de los espectros Raman se realizó por triplicado para metanol y etanol grado puro y los espectros de las categorías de mezcals, la comparación de los espectros demostró la relación entre cada una de las categorías y la presencia de metanol y etanol, el etanol en mayor composición, y una diferenciación en el desplazamiento 1183.7 cm^{-1} y 1281.77 cm^{-1} para el añejo debido a su proceso, diferencia debida a la sustracción mediante el alcohol, de compuestos intrínsecos en los recipiente de roble blanco y/o encino. La relación existente entre los espectros de las distintas categorías del mezcal y las diferencias, corresponden a los grupos funcionales y a el proceso de añejamiento que se les da, por lo que la espectroscopia Raman es útil para caracterizar y diferenciar entre las distintas categorías del mezcal.

1. INTRODUCCIÓN

El mezcal del Náhuatl *Mexcalli* (*maguay cocido*) es una bebida alcohólica regional con denominación de origen obtenida por destilación de mostos preparados directa y originalmente con los azúcares extraídos de agaves, previamente hidrolizados o cocidos, y sometidos a fermentación alcohólica con levaduras, es un líquido de olor y sabor sui-generis. Es incoloro o ligeramente amarillento cuando es reposado o añejado. El mezcal se clasifica en dos tipos I y II que depende de la cantidad y origen de los carbohidratos y tiene una categorización que depende del tiempo en el cual permanezca en reposo en barriles de madera (1). El maguay (agave) planta representativa de México del cual se derivan dulces, fibras, forraje, etc. Lo principal es su jugo, materia prima para la producción de Mezcal, tequila, pulque y sotol. En estos agaves existen fructanos de importancia nutracéutica como lo es la inulina que ayuda a mejorar el metabolismo de las grasas, aumento de la biodisponibilidad de minerales y de la respuesta glicémica (2). La caracterización del Mezcal se encuentra en la literatura mediante metodologías fisicoquímicas, en el mezcal los compuestos volátiles mayoritarios son el metanol etanol y ácido acético que aparece desde la cocción; el 2-metil-propanol y el 3-metil-butanol aparecen en la fermentación y todos permanecen hasta el producto final del mezcal. Los compuestos metanol, etanol y alcoholes superiores que ocurren en las bebidas alcohólicas destiladas, se producen en mayor concentración y por su alto grado de toxicidad están regidos por la NOM-070-SCFI-Mezcal-Bebidas alcohólicas. Existe una gran



TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO

variedad de aplicaciones de la espectroscopia Raman, principalmente en tres áreas, ambiental, alimenticia y médica, como en la determinación de glucosa, fructosa y sacarosa en Zumos de manzanas y mango para detectar algún tipo de adulteración. (4). En la determinación de cáncer a partir de suero de sangre (5).

2. TEORÍA

La espectroscopia Raman es una técnica fotónica de alta resolución que proporciona en pocos segundos información química y estructural de casi cualquier material o compuestos orgánico y/o inorgánico permitiendo así su identificación. El análisis mediante la espectroscopia Raman se basa en el examen de luz dispersada por un material al incidir sobre el u haz de luz monocromático. Una pequeña porción de la luz es dispersada inelásticamente experimentando ligeros cambios de frecuencia que son característicos de las bacterias analizadas e independientes de la frecuencia de la luz incidente. Se trata de una técnica de análisis que se realiza sin necesitar este ningún tipo de preparación especial y es no destructiva.[3]. La espectroscopia Raman es una herramienta analítica que ha cobrado auge en los últimos años por sus ventajas y que es capaz de detectar y cuantificar moléculas inorgánicas, orgánicas [4].

3. PARTE EXPERIMENTAL

Se obtuvieron los espectros Raman de metanol y etanol grado puro y de las categorías de mezcal existentes con 38% alcohol v/v, dichos espectros se midieron con un espectrofotómetro Ocean optics con una potencia de 499mW con longitud de onda de 785nm, con una fuente de luz láser, cada medición se realizó por triplicado verificando reproducibilidad. Posteriormente se procesaron los espectros en un programa de computadora Origin Pro 8.

4. RESULTADOS

En la figura 1 se presenta el espectro del etanol donde se pueden apreciar cuatro picos representativos en 884.78 cm^{-1} , 1053.3 cm^{-1} , 1099.4 cm^{-1} y 1456.49 cm^{-1} en cambio en la figura 3 se aprecian tres picos representativos en 1004.44 cm^{-1} , 1036.38 cm^{-1} y 1456 cm^{-1} esto para metanol puro, se pueden observar picos muy similares, esto es debido a la forma estructural parecida entre el metanol y etanol, claramente se observa un pico idéntico en 1456.49 cm^{-1} que corresponde a un grupo funcional existente en la estructura del metanol y etanol.

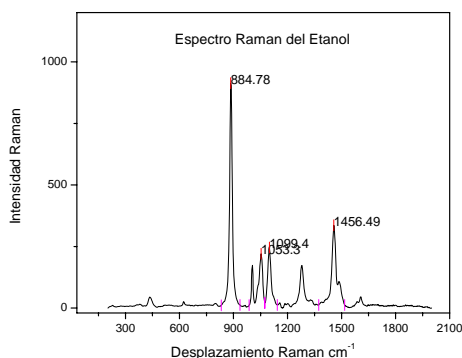


Figura 2.- Espectro Raman del Etanol puro.

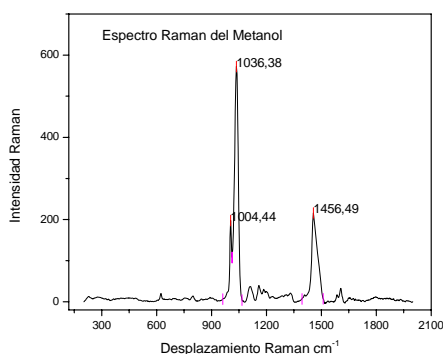


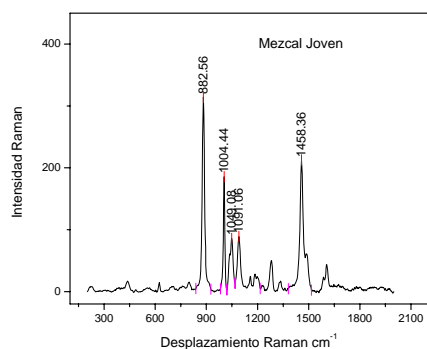
Figura 3.- Espectro Raman del metanol puro

En las figuras 4, 5 y 6 se muestran los espectros de los mezcales joven, reposado y añejo, respectivamente, existe una gran similitud entre cada una de las categorías en cuanto a la morfología del espectro, entre el joven y el reposado es apreciable a simple vista que los picos coinciden en cuanto al desplazamiento en cm^{-1} pero con diferenciación aparente en la intensidad

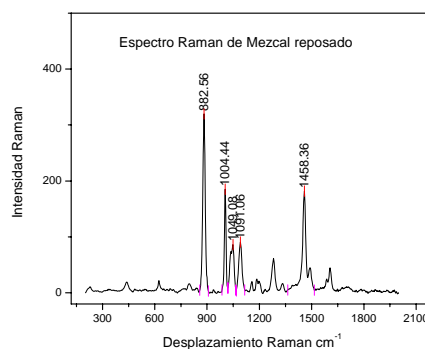


TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO

de algunos picos, esta diferencia es debida al proceso de reposado ya que el mezcal joven no tiene dicho proceso. A comparación con el mezcal añejo el espectro muestra 7 picos representativos donde 5 de ellos coinciden con los picos representativos de las otras categorías de mezcal, y donde los picos en 1183.7 cm^{-1} y 1281.77 cm^{-1} presentan diferencias entre el mezcal añejo del reposado y joven que son latamente similares, estos picos pertenecen al cambio que existe en el procesos de añejamiento ya que es este proceso donde se mantiene el mezcal en barriles de roble blanco o encino, mucho más tiempo que el reposado que también pasa por este proceso, y en el añejamiento el alcohol presente en el mezcal extrae de la madera compuestos tales como taninos, fenol, eugenol, vainilla y otros, es así como se obtiene la suavización en cada una delas categorías de mezcal.



**Figura 4.- Espectro Raman del Mezcal joven
38% alcohol v/v.,**

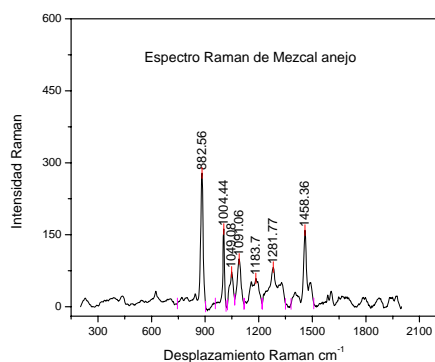


**Figura 5.- Espectro Raman del Mezcal reposado
38% alcohol v/v.**

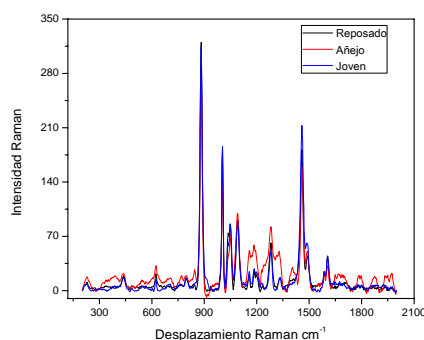
Las figuras 4, 5 y 6 al compararse con las figuras 2 y 3 en ellas se observan similitudes en cuanto al desplazamiento del espectro encontrando una mayor similitud para la figura 3 correspondiente al Etanol donde se relacionan los desplazamientos en 882.56 cm^{-1} con 884.78 cm^{-1} , 1049.08 cm^{-1} con 1053.3 cm^{-1} , 1091.06 cm^{-1} con 1099.4 cm^{-1} y 1458.36 cm^{-1} con 1459.49 cm^{-1} esto comprueba que el etanol es el componente mayoritario en el mezcal (1). En la figura 7 se muestra la comparación de las tres categorías de mezcal analizadas, es evidente los picos en el desplazamiento de 1183.7 cm^{-1} y 1281.77 cm^{-1} esto para el mezcal añejo, diferencia debida a la sustracción mediante el alcohol, de compuestos intrínsecos en los recipiente de roble blanco y/o encino. Con estos resultados se comprueba la confiabilidad de la espectroscopia Raman para la caracterización del mezcal en sus distintas categorías.



TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO



**Figura 6.- Espectro Raman del Mezcal añejo
38% alcohol v/v.**



**Figura 7.- Espectros de mezcal en sus
diferentes categorías.**

4. CONCLUSIONES

La relación existente entre los espectros de las distintas categorías del mezcal y las diferencias, corresponden a los grupos funcionales y a el proceso de añejamiento que se les da, por lo que la espectroscopia Raman es capaz de diferenciar entre las distintas categorías del mezcal, y la comparación entre los espectros de los compuestos puros y los espectro de las categorías demuestra la existencia de estos compuestos puros dentro de las categorías del mezcal, al comparar las tres categorías de mezcal analizadas, es evidente los picos en el desplazamiento de 1183.7 cm^{-1} y 1281.77 cm^{-1} esto para el mezcal añejo, diferencia debida a la sustracción mediante el alcohol, de compuestos intrínsecos en los recipiente de roble blanco y/o encino. Con estos resultados se comprueba la confiabilidad de la espectroscopia Raman para la caracterización del mezcal en sus distintas categorías.

BIBLIOGRAFÍA

1. NOM-070-SCFI-1994 *Bebidas alcohólicas, Mezcal*, especificaciones.
2. La fructosa del Agave, revista Universitarios potosinos-Año 5-#2-Junio 2009-ISSN-1870-1698.
3. La espectroscopia Raman molecular y su aplicación ambiental, Redalyc Conciencia y Tecnología #23 ISSN-1405-5597.
4. Dooller, Stanley R. Crouch, *Principios de Análisis Instrumental, sexta edición 2007*, CENGAGE Learning.
5. J.F. Daniel Kelly and Gerard Downey, "Detection of sugar adulterants in apple juice using fourier transform infrared spectroscopy and chemometrics" J. Agric. Food Chem. 2005.