

El tequila es una bebida alcohólica obtenida al destilar las cabezas de *Agave tequilana* Weber variedad azul, única subespecie permitida en su elaboración, y originalmente sólo cultivada en la región de Tequila. Su característico aroma y sabor se debe a una gran variedad de compuestos volátiles, entre los que figuran alcoholes superiores, aldehídos, ácidos grasos, ésteres, compuestos azufrados y algunos compuestos fenólicos, los cuales son percibidos por los nervios olfatorios ubicados al final de la nariz, que son usados como una herramienta analítica. Los volátiles aromáticos livianos (de bajo peso molecular, polares y compuestos hidrofílicos) son percibidos en un primer momento y, generalmente, tienen mayor impacto en la percepción humana. La serie de compuestos emanados por los tequilas son percibidos como notas caramelizadas, floral y frutal —con diferentes intensidades— y otros como pungentes, dulces y

frescos. Se han realizado diversos trabajos sobre el sabor y aroma de los tequilas, como el de Benn y Peppard, un estudio pionero, y los de Mercedes López y sus colaboradores, en donde se realizaron análisis detallados sobre los compuestos saborizantes de varios tequilas así como los análisis sensoriales correspondientes.

La gran mayoría de estos compuestos volátiles son derivados de ácidos grasos, carbohidratos y aminoácidos producidos por medio de diversas rutas biosintéticas que ocurren a lo largo del proceso de elaboración, esto es, el cocimiento, la fermentación, el reposo y el almacenamiento. Algunos resultan de la combinación de varios compuestos, pero no todas las combinaciones producen compuestos de esta naturaleza, pues muchas de ellas provocan un enmascaramiento. Otros compuestos son derivados de la destrucción celular que se produce al reaccionar ciertas enzimas con su sustra-

El tequila, su

to en el proceso de elaboración. Sin embargo, el perfil aromático característico del tequila sólo se obtiene al emplear *Agave tequilana* Weber variedad azul, pues aun cuando se tenga la misma serie de compuestos como precursores, no se puede asegurar el mismo perfil al usar otras variedades de agave, debido a los atributos de los cultivares —algo señalado por las investigaciones etnobotánicas.

Para producir el tequila, las plantas se cosechan y se eliminan las hojas —paso conocido como jima—, dejando solamente el tallo —llamado piña—. La piña se hornea y tritura para extraer el jugo, que se conoce como mieles por ser rico en azúcares. Las mieles son fermentadas con levaduras del género *Saccharomyces* durante un periodo que va de 12 a 72 horas, tiempo necesario para transformar los azúcares en alcohol y durante el cual se forman algunos de los compuestos que confieren al tequila su aroma y sabor característico.

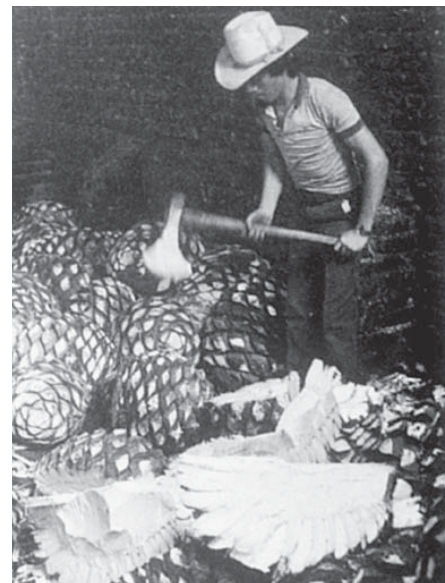
Finalmente se somete a una doble destilación, empleando alambiques o columnas. En la primera, denominada destrozamiento, se alcanza un contenido de alcohol de 20 a 30%, se obtienen algunos compuestos con el sabor típico del tequila —alcoholes como el metanol, el isopropanol, amílico e isoamílico— y algunos ésteres. En la segunda, llamada rectificación, se enriquece el contenido alcohólico hasta 55%, y se obtienen compuestos menos volátiles.

En cada etapa del proceso se producen distintos compuestos odoríficos, pero sólo algunos permanecen hasta el final. Se tienen los aromas primarios, que se forman por interacciones del suelo, clima y métodos de cultivo, y muchos de los cuales son liberados por las levaduras durante la fermentación. Los aromas prefermentativos se producen durante la molienda de la piña, dando lugar a alcoholes y aldehídos. Los aromas de la fermentación o secunda-

rios, al parecer los de mayor impacto, se generan por cambios químicos debidos a la acción de microorganismos —levaduras y bacterias— o por condiciones del proceso. Los aromas formados durante el añejamiento se deben a cambios fisicoquímicos ocurridos, algunos por su transformación y otros producidos por el contacto con la madera de las barricas. Debe de mencionarse que también se pueden formar aromas no deseables, lo cual puede ocurrir en cualquiera de las etapas.

El mejoramiento

No todas las marcas de tequila poseen la misma calidad. Las consagradas han logrado una producción en donde se controla cada fase del proceso de elaboración. Es por ello que las marcas menos conocidas se preocupan por efectuar estudios para incrementar su calidad. El objetivo de este tipo de investigaciones es el de conocer aquellos



aroma y su sabor

María Susana Acosta Navarrete, Mercedes López Pérez y Rita Miranda López



compuestos odoríficos impactantes que se forman principalmente en los mostos fermentados de las mieles de agave, y brindan sus características sensoriales finales al tequila blanco —en el reposado y el añejo se deben a otros procesos. Una vez determinados los compuestos de mayor intensidad sensorial es posible entonces inducir el proceso de fermentación hacia la formación de éstos y así mejorar el olor y el sabor de esta bebida.

En el estudio que realizamos se analizaron los compuestos volátiles en tinas de fermentación cada 24 horas durante tres días consecutivos, a fin de conocer el perfil aromático y los compuestos químicos presentes en la etapa anterior y posterior de la fermentación, esto es, a las 32 horas del horneado del tallo de la planta, así como después del destilado que resulta en el tequila blanco. Se tomaron muestras de las mieles de agave durante distintos momentos de la fermentación,

a las 24, 48 y 72 horas —que es cuando ésta concluye— así como del tequila blanco producido por esos mostos.

Para caracterizar biológicamente aquellos compuestos odoríficos impactantes generados en los mostos, se empleó, por un lado, el método de Cromatografía de Gases-Olfatometría, conocido como OSME, que involucra pruebas con personas. Se invitaron entonces veinte estudiantes de entre 19 y 21 años de edad, y de éstos se seleccionaron cuatro por sus habilidades olfatométricas, empleando una escala de intensidad ya establecida (1=no detectable, 7=aroma moderado y 14=aroma bastante intenso). Por otra parte, para la separación e identificación de los compuestos odoríficos se usó un cromatógrafo de gases al que se le acoplaron tres detectores, uno de ionización de flama, un espectrómetro de masas y finalmente un olfatómetro.

De acuerdo con los descriptores obtenidos de los

panelistas, los aromas con mayor intensidad o impacto fueron identificadas a las 48 horas de fermentación, esto es, a la mitad del proceso de fermentado; sin embargo, la mayor variedad de aromas se presentó a las 72 horas, y la mayor intensidad de aroma es la del producto final, el tequila blanco (7 a 7.5, lo cual corresponde a una intensidad moderada).

En general, el número de señales con aroma fue mayor durante la fermentación a las 48 horas (28 señales) que a las 24 o 72 horas (27 y 26 señales respectivamente), al finalizar el cocimiento se reportaron 28 señales, y 25 en el tequila blanco. Se logró caracterizar 34 compuestos en total, de los cuales sólo 14 de ellos prevalecieron desde el cocimiento hasta la obtención de tequila blanco.

El número de compuestos presentes en mieles de agave a 48 y 72 horas de fermentación y tequila blanco fue de 55, 48, 44 y 40 compuestos respectivamente.



Los resultados obtenidos mediante la caracterización molecular muestran que la mayor proporción de compuestos en las mieles de agave fueron alcoholes (35%) y en menor proporción relativa compuestos nitrogenados, y hay presencia de aldehídos y cetonas, compuestos relacionados con notas aromáticas.

En la fermentación, los grupos de alcoholes, aldehídos y ésteres se encuentran en mayor proporción, sin embargo sólo se consideraron aquellos compuestos que presentaron un impacto aromático y fueron monitoreados desde las mieles de agave, y que luego incrementaron su aroma y permanecieron finalmente en el tequila blanco.

Así se obtuvo que la mayor proporción corresponde a alcoholes (37%) y la menor a

piranos y aldehídos (6%), lo cual confirma la idea de que desde las piñas de agave ya se presentan polioles.

En el tequila blanco se identificaron en mayor proporción alcoholes (46%), lo cual muestra una relación entre la calidad de la doble destilación y en menor proporción el grupo de cetonas (3%).

Se observó que los osmeogramas del detector humano son más sensibles que el detector de ionización de flama. Se compararon las muestras de las mieles de las piñas y finalmente como tequila blanco para realizar la identificación de sólo aquellos compuestos cuya intensidad fue mayor y cuya transformación se realizó en las piñas.

Los compuestos odoríficos impactantes se presentaron durante la fermentación debido a la actividad metabólica

en el mosto, y son precursores de aquellos compuestos que proporcionan su aroma característico al tequila blanco; entre ellos se encuentran el etanol (pungente/químico), el 3-metil-2-buten-1-ol (floral/frutal), el 2-ácido butanoico (dulce/fresa), el ácido acético (químico/pungente), el heptanol (fresco/pastadental) y el geraniol (herbal/floral). Aún hay aspectos importantes por explorar, como la relación entre el comportamiento del perfil aromático en la misma variedad de *Agave tequilana* Weber, la azul, y la región donde fue cultivado, ya que debido a que existe una baja variabilidad en el clon del agave, lo cual se ha comprobado molecularmente, estos factores pueden influir en los compuestos aromáticos de esta bebida. 🌿



María Susana Acosta Navarrete

Universidad Tecnológica
del Suroeste de Guanajuato.

Mercedes López Pérez

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
del IPN-Unidad Irapuato.

Rita Miranda López

Instituto Tecnológico de Celaya.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benn, S. M. y T. L. Peppard. 1996. "Characterization of tequila flavor by instrumental and sensory analysis", en *J. Agric. Food Chem.*, núm. 44, pp. 557-566.

Cámara Reguladora de la Industria Tequilera (CRIT). 2000.

Cedeño, M. 1995. "Tequila production", en *Crit. Rev. Biotechnol.*, núm. 15, pp. 1-11.

López M. G. 1999. "Tequila aroma", en *Flavor Chemistry of Ethnic Foods*, F. Shahidi y J. C. Ho (eds.). Plenum.

López, M. G. y J. P. Dufour. 2001, en *Gas Chromatography Olfactometry. The State of the Art*, J. V. Leland et al. (eds.) American Chemical Society Series.

Meilgarrd, M. et al. 1991. *Sensory evaluation techniques*. CRC Press Inc., Florida.

Patel S. y Shibamoto T. 2002. "Effect of different strains of *Saccharomyces cerevisiae* on production of volatiles in Napa Gamay wine and Petote Sirah wine", en *J. Agric. Food Chem.*, núm. 50, pp. 5649-5653.

IMÁGENES

Rosa Pla y Jesús Tapia, de la serie *El agave azul*, 1990.