

ESTUDIO QUIMICO DE LAS BEBIDAS FERMENTADAS OBTENIDAS DEL MAGUEY (AGAVE)

Por Jesús Romo A.

Es México la patria de un número grande de variedades del género *Agave*; su estructura especial hace apta a esta planta para vivir en la mesa central en terrenos que por su falta de agua son poco aptos para el desarrollo de otras plantas. Desde la época anterior a la conquista ha tenido esta planta gran importancia en la vida del indio, que la cultivaba haciendo una selección y plantando en cada región la variedad que más le interesaba según las condiciones climatológicas.

Son muchos los productos que se obtienen de estas plantas; no nos ocuparemos ahora más que de las bebidas alcohólicas.

El consumo de bebidas alcohólicas es general en todos los pueblos, todos buscan obtener alcohol por fermentación de los líquidos azucarados que tienen a su alcance. Los indios precortesianos no tenían, sobre todo en la mesa central, cantidad de frutas con zumos muy azucarados; desconocían probablemente el malteo lo que les imposibilitaba el hacer bebidas fermentadas de granos del tipo de la cerveza; no tenían aun la caña de azúcar cuyo cultivo fué traído de la India por los conquistadores. Las plantas que cultivaban en mayor cantidad, por ser las que mejor se dan en el país, eran el maíz y el maguey. De ambas plantas supieron obtener líquidos azucarados. Los conquistadores relatan cómo en sus mercados vendían azúcar de maguey y de maíz obtenidos por concentración de los zumos de estas plantas.

Los conocimientos empíricos de fisiología botánica estaban muy desarrollados entre los indios; baste recordar que en el cultivo de la vainilla practicaban la fecundación artificial. Sabían que si en el maíz se suprimen los órganos florales, se van acumulando azúcares en la caña de la que se pueden obtener por expresión líquidos

azucarados susceptibles de ser fermentados o de dar azúcar por evaporación.

El maguey es una planta que contiene cantidades grandes de azúcar cuyo papel bioquímico ha sido estudiado (1). Por sus condiciones xerofilicas crece con facilidad en terrenos en que la cantidad de agua es muy pequeña; los italianos que han tratado de explotarla recientemente en el norte de Africa para producir sacarosa, la llaman la planta sacarina del desierto.

Pero la obtención del maguey de líquidos azucarados para la fermentación y consumo ulterior o para obtener azúcar solamente por concentración sin una purificación ulterior, presenta dificultades que no se observan ni en la caña de azúcar ni en la caña de maíz endulzada por castración, en las que no hay más que exprimir el zumo. Estas dificultades solamente pudieron ser salvadas por los conocimientos de fisiología botánica de los indios.

El maguey es una planta rica en saponinas. La saponina, que se encuentra principalmente en la raíz ha sido utilizada en el país por su efecto detergente para lavar, sobre todo antes de la introducción del jabón. Estas saponinas han sido bien estudiadas recientemente desde el punto de vista de su composición (2). Son de una acción irritante marcada ya sobre la piel que se observa cuando se utilizan para lavar; su acción sobre las mucosas es aun mucho más intensa y no se puede ingerir un producto que las contenga. En lugar de obtener el zumo por expresión de la planta, los indios aprendieron a aumentar en primer lugar la concentración en azúcares del zumo por supresión de la yema floral; cuando la planta está madura, obtienen el zumo cortando los canales que desde las hojas conducen al centro de la planta los zumos que habrían de servir para formar el enorme órgano floral. Este líquido azucarado, que se conoce con el nombre de aguamiel, se colecta en una cavidad tallada donde estaba la yema central y de allí se recoge para evaporarlo y sobre todo para fermentarlo.

Para aclarar lo anteriormente expuesto he efectuado unas valoraciones aproximadas de saponinas en el aguamiel, en el zumo de las hojas y en la raíz del maguey manso (*Agave atrovirens*) que es el que más se cultiva en la mesa central.

La técnica seguida ha sido de una parte la producción de espu-

ma: En un frasco de 150 c. c. se ponen 100 c. c. de agua destilada y se deja caer desde una bureta la disolución a analizar hasta que sacudiendo fuertemente el frasco se produzca una capa de espuma de un centímetro de espesor que persista un minuto.

De otra parte se mide el poder hemolítico, viendo cuál es la menor cantidad de disolución, previamente neutralizada a la fenolftaleína y hecha isotónica con cloruro sódico, que hemoliza una suspensión de glóbulos rojos de carnero.

En ambos casos se miden los efectos comparándolos con saponina purificada de Merk.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

	<i>Afosisimetría</i>	<i>Hemólisis</i>
Raíz	0.157 %	0.200 %
Penca	0.080 „	0.110 „
Agua miel	0.024 „	0.000 „

Es tan pequeña la cantidad de saponina contenida en el aguamiel, que no produce hemólisis ni aun añadiendo 5 c. c. a un c. c. de suspensión de glóbulos rojos.

Por fermentación de este aguamiel obtenida libre de saponinas por el método antes indicado, se obtiene el pulque.

En cuanto se obtiene de la planta, se inician en este líquido toda clase de fenómenos de fermentación. Es curioso ver la facilidad con que se desarrollan en este líquido toda clase de levaduras. Parece como si en éste existieran fitohormonas; hay que tener en cuenta que este líquido es el que en la planta estaría destinado a producir el desarrollo rápido del enorme órgano floral.

He estudiado la velocidad con que se produce la fermentación alcohólica en el aguamiel, comparándola con la que se produce en un medio azucarado sintético de la misma concentración en azúcar. Comparo el aguamiel esterilizada a 110° con un líquido sintético compuesto por 100 grs. de sacarosa, 2 grs. de sulfato amónico, 1 gr. de fosfato sódico, 0.2 grs. de cloruro cálcico y 0.2 grs. de cloruro magnésico. Ambos líquidos se siembran con 25 grs. de levadura prensada por cada 500 c. c. y se sigue la marcha de fermentación a temperatura

corriente midiendo de tiempo en tiempo la cantidad de azúcares reductores. Ambas disoluciones contenían, antes de la fermentación, 12.9% de azúcares reductores después de inversión por ácidos.

<i>Horas</i>	<i>Aguamiel</i>	<i>Caldo sintético</i>
0	1.30	0.00
4	10.50	9.68
8	8.92	7.80
24	0.92	5.26
28	0.39	4.54
32	0.18	4.00
40	0.00	3.50
96	—	1.10
128	—	0.46
170	—	0.12
194	—	huellas
200	—	0.00

El aumento de la cantidad de azúcares reductores en las primeras horas de la experiencia es debido, naturalmente, a la acción de la invertasa de la levadura.

En la fermentación del aguamiel para producir el pulque intervienen diversas levaduras y bacterias (1). Solamente una parte del azúcar es convertido en alcohol, juntamente con un *sacaromices* se desarrolla una levadura del género *torula* que consume azúcar sin producir alcohol; es esta última la que produce la mayor parte de la turbidez del pulque y hace que esta bebida, constituida en parte por una suspensión de levadura, sea rica en vitaminas.

Químicamente es fácil de demostrar que solamente una parte de los azúcares del aguamiel se transforma en alcohol en el pulque. El pulque procedente de un aguamiel que contenía 12.5 grs. de azúcar, después de inversión ácida, contiene 3% de alcohol; mientras que si se esteriliza este aguamiel y se siembra después con levadura prensada se obtiene un líquido alcohólico con una riqueza de 6.6%.

Al entrar en las cámaras en que se efectúa la fermentación del aguamiel, se percibe un olor intenso a manzanas (acetato de amilo).

Me ha parecido interesante por ello valorar en el pulque los alcoholes superiores. Esta bebida, que suele tener una riqueza alcohólica que oscila entre 2.5 y 3.5%, tiene un contenido en alcoholes superiores del orden de 1.5 grs. por litro de alcohol producido, expresados en alcohol isobutilico.

El aguamiel esterilizada y fermentada con levadura prensada, da un alcohol con 0.842 grs. de alcoholes superiores por litro.

Para juzgar de la marcha de la destilación, he determinado la cantidad de acetaldehído y de glicerina que acompañan al alcohol en el pulque, encontrando como término medio por litro de alcohol 0.065 gramos de acetaldehído y 17.35 grs. de glicerina.

El aguamiel estéril, fermentada por levadura prensada, da por litro de alcohol 0.782 grs. de acetaldehído y 38.3 grs. de glicerina.

	ALCOHOL %	ALCOHO- LES SUP.	ALDEHI- DOS	GLICE- RINA	ACIDOS VOLATILES
Pulque	3	1.5	0.065	17.35	13.8
Fermentación con levadura prensada	6.6	0.84	0.782	38.3	3.6

Se ve que la producción total de alcoholes superiores es prácticamente igual en ambos casos. En la fermentación del pulque se desarrollan microorganismos capaces de consumir glicerina, y existen oxidasas que transforman el aldehído en ácido acético (olor de acetato de amilo).

Tal vez el contenido elevado de estos líquidos fermentados en alcoholes superiores (en el vino de uva se encuentra alrededor de 0.1 grs.) sea debido a la acción de las hormonas del aguamiel que aceleran el metabolismo de las levaduras.

Los conquistadores introdujeron en México el conocimiento de la destilación. Aplicada a la obtención de bebidas embriagantes del agave, presentaba varias ventajas. Ya no estorbaban las saponinas de la penca puesto que el líquido se destila y las saponinas no son volátiles.

Solamente en la parte alta de la mesa central se dan los enor-

mes magueyes fáciles de explotar porque cada uno da una cantidad grande de aguamiel; no bajan más que hasta unos 1500 metros; en zonas más bajas, se dan variedades más pequeñas cuyo beneficio a pulque sería muy trabajoso. Los líquidos azucarados de estos Agaves se utilizan para obtener por fermentación y destilación licres, el mezcal y el tequila (denominado este último por la localidad que lo produce).

La variedad que principalmente se emplea es el *Agave erecta* (Maguey de mezcal). Se suprime en la planta la yema floral en el momento en que se va a producir la floración para que continúe acumulando líquidos azucarados y se deja madurar en el campo otros dos años. Se corta entonces toda la planta, y después de suprimir los extremos de las hojas, poco succulentos, el cogollo se tuesta, bien sea en horno o con vapor, para facilitar la destrucción de las células y se exprime el zumo que es el que se hace fermentar, corrientemente con levadura de cerveza, para obtener un líquido alcohólico que se destila obteniendo una bebida con un proof próximo a 100.

Tiene el mezcal un olor típico que se identifica con el del acetal. Se espera desde luego encontrar en él una cantidad elevada de acetaldehído, cosa que confirmó el análisis:

	Alcohol en volumen %	Alcoholes superiores	Aldehídos
Mezcal "Cocolito"	50	1.224 grs.	0.080 grs.
Mezcal "Pendencia"	49	0.561 „	0.128 „
Tequila "Jalisco"	51	1.301 „	0.035 „

Se ve además que el aldehído se encuentra en forma de acetal por la lentitud con que da la reacción de Schiff.

También la cifra de alcoholes superiores es elevada; aparecen todos los indicios de una fermentación efectuada en malas condiciones.

He tratado de indagar cuál es el factor que dificulta esta fermentación. Se puede atribuir en primer lugar a la presencia de saponinas que serán tóxicas para las levaduras como lo son para otras células.

Agregando extracto acuoso de raíz de maguey a los líquidos

que se fermentan con levadura prensada, las saponinas en pequeñas proporciones retrasan la fermentación y aumentan el desarrollo de productos secundarios; añadidas en cantidades mayores (valoradas por los métodos indicados previamente) no se efectúa la fermentación. Solamente se produce la hidrólisis de la sacarosa por la invertasa de la levadura.

Estas experiencias las he llevado a cabo con caldos sintéticos y con aguamiel estéril analizando los productos de la fermentación.

	Tiempo	Riqueza alcohólica	Alcoholes superiores	Aldehído	Glicerina
Caldo sintético más 0.4% de sa- ponina	6 días	5.6%	1.264 gr.	0.650 gr.	17.8 gr.
„ 0.8 „ „	7 „	5.5 „	2.424 „	1.155 „	38.8 „
„ 1.0 „ „	8 „	5.2 „	2.496 „	1.381 „	47.4 „
„ 1.2 „ „	no se produce la fermentación.				
Aguamiel más 0.6% de sa- ponina	40 horas	6.6 „	0.842 „	0.782 „	38.3 „
„ 1.0 „ „	4-½ días	6.2 „	1.442 „	1.825 „	45.3 „
„ 1.2 „ „	5 „	6.1 „	1.666 „	1.902 „	51.3 „
„ 1.4 „ „	no se produce la fermentación.				

Las cifras de alcoholes superiores, aldehídos y glicerina están expresadas en gramos por litro de alcohol producido.

Se ve claramente que las saponinas del maguey estorban la fermentación, aumentando la cantidad de aldehídos producidos con un aumento correlativo de la cantidad de glicerina. Las malas condiciones de vida para la levadura hacen aumentar la cantidad de alcoholes superiores producidos.

Se ve también las condiciones excepcionales del aguamiel como medio de cultivo, que hace que la levadura soporte mejor la acción de la saponina que en un caldo de cultivo sintético.

En la fabricación del mezcal, al fermentar el zumo de las pencas del maguey que lleva todas sus saponinas, necesariamente se tendrá que producir un líquido alcohólico rico en acetaldehído. Una parte de este producto se transforma después en acetal, dando el aroma característico de la bebida; otra desaparecerá por oxidación cuando se añeja en barricas.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Madinaveitia A. y Orozco D. F. Bioquímica del agave. Anales del Instituto de Biología. Tomo XI, año 1940.
- (2) Villagrán P. F. Histología y Citología del Maquey. Anales del Instituto de Biología. Tomo XI, año 1940.
- (3) Ruiz O. M. Contribución al Conocimiento de las Levaduras del Aguamiel y del Pulque. Anales del Instituto de Biología. Tomo XI, año 1940.
- (4) *Precis de Chimie Analytique* par G. Denigés, L. Chelle et A. Labat.
- (5) Fieser and Fieser. *Organic Chemistry*.
- (6) C. Wehmer *Die Pflanzenstoffe*.
- (7) G. Klein. *Handbuch der Pflanzenanalyse*. Dritter Band. Zweiter Teil.
- (8) Beilsteins *Handbuch der Organischen Chemie*.
- (9) Rojahn y Giral. *Preparación de Productos Químicos y Químico Farmacéuticos*.
- (10) Gilman. *Organic Chemistry*.
- (11) Rusell Marker. Saponinas. *J. Am. Chem. Soc.* 65, año 1943, pág. 1199.

SUMMARY

It has been found that "aguamiel", the sugary liquid obtained from the agave in the process of "pulque" manufacture by fermentation, is favorable to the development of yeast; due maybe to its content of phytohormones.

During its fermentation to "pulque" a great quantity of higher grade alcohols is formed, due perhaps to the development of yeast of the torula family which live at the expense of sugar, without producing alcohol.

Distilled alcoholic beverages are manufactured by fermentation of juices from the agave leaves. "Mezcal" and "tequila" have a characteristic odor due to the presence of acetal. The poisoning action on the yeast, of the saponines present in the agave leaves accounts for the fact that the fermentation is deviated and the quantities of acetaldehyde and glicerine are increased.