

Research Note

FERMENTACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SACAROSA POR ZYMOMONAS MOBILIS¹

La bacteria *Zymomonas mobilis* se ha usado en la Planta Piloto de Ron para la fermentación de miel final y miel rica². El patrón de fermentación que se ha encontrado en cada una de estas mieles ha sido distinto con respecto al rendimiento alcohólico que se obtiene. La fermentación de miel rica ha producido menos etanol que la miel final. Por otro lado, se ha encontrado

que en ocasiones el crecimiento bacteriano no ha sido lo suficientemente vigoroso para que se realice la fermentación en un tiempo razonable. Estos resultados se han atribuido a las altas concentraciones de sales minerales en la miel rica^{3,4}. El contenido de minerales varía de acuerdo con el proceso a que se someten los jugos y al suelo de donde creció la caña que produjo las mieles.

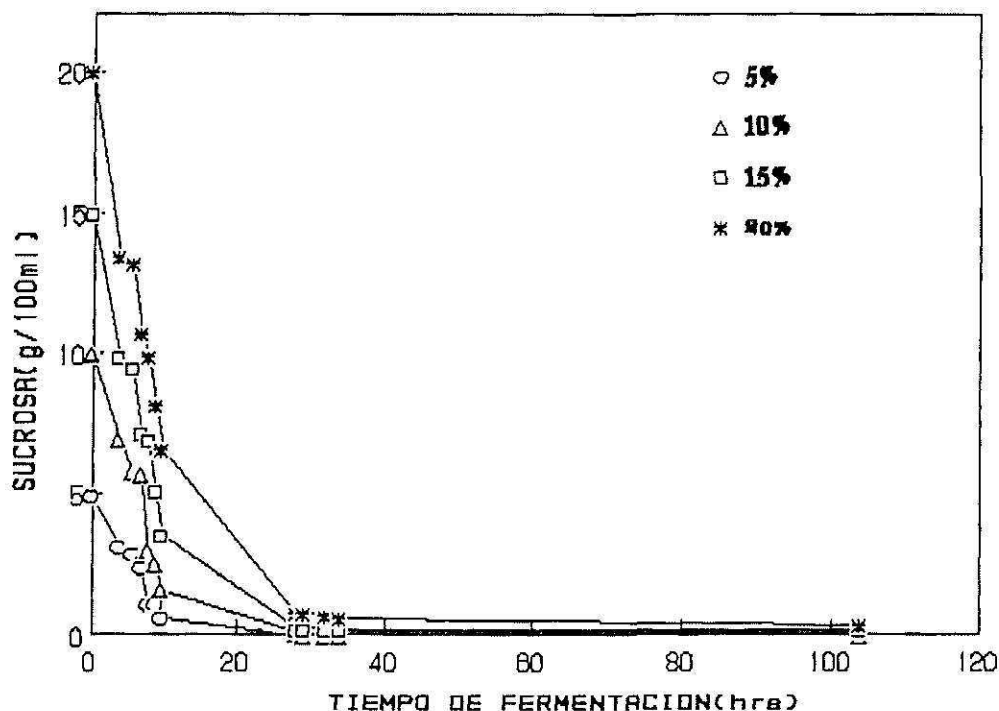


FIG.1.—Hidrólisis de sacarosa por *Zymomonas mobilis*.

¹Manuscrito sometido a la Junta Editora el 19 de octubre de 1988.

²Murphy, N., 1979. Fermentation of High Test Molasses, *J. Agric. Univ. P. R.* 68: 33-43.

³Murphy, N., 1988. *Zymomonas mobilis* batch and fed-batch fermentation of high test molasses. *Agric. Univ. P. R.* 71 (3): 485-9.

⁴Lefebvre, M. F., 1984. Ethanol production from desalted molasses using *Saccharomyces uvarum* and *Zymomonas mobilis*, *J. Ferment. Technol.* 62: 297-300.

TABLA 1.—*Productos de fermentación de la sacarosa durante 100 horas por Zymomonas mobilis*

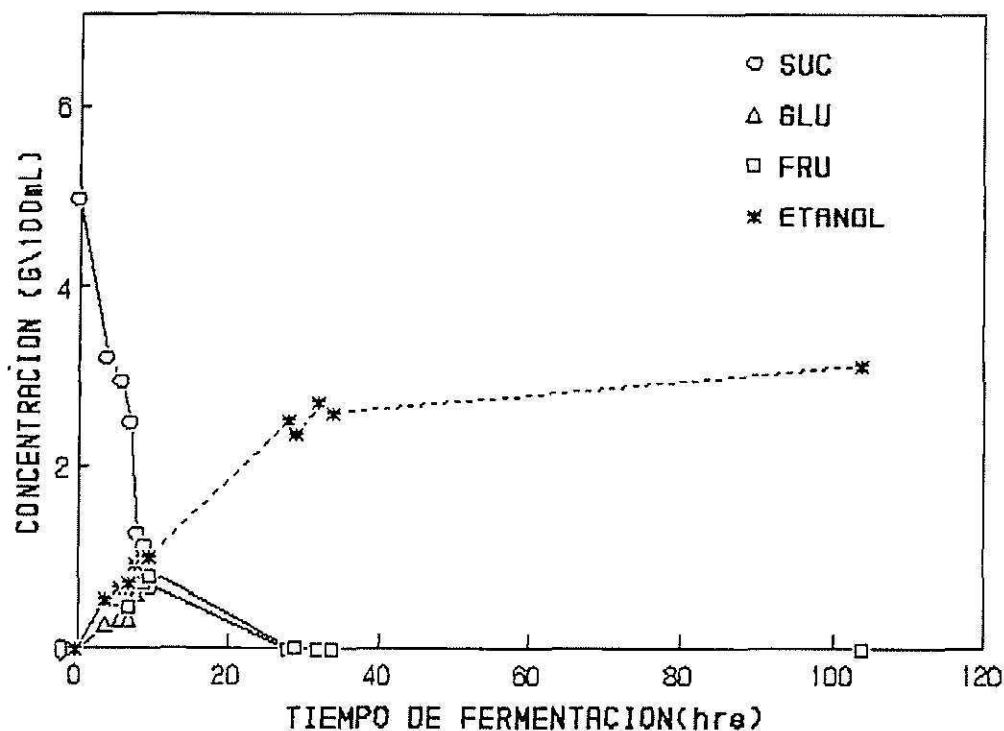
Productos (g/100 ml)	Concentración inicial de sacarosa			
	5%	10%	15%	20%
Sacarosa residual	0	0	0.23	0.42
Glucosa residual	0	0.04	1.16	4.02
Fructosa residual	0	0.23	3.13	5.56
Sorbitol	0.03	0.22	0.48	0.50
Levan	1.07	1.85	2.49	2.86
Etanol	1.80	3.16	3.16	2.22
% Rendimiento	89.8	80.9	82.5	65.6

Además de la variación en las sales minerales, la composición de los azúcares es distinta en cada una de las mieles. La miel rica contiene más azúcares invertidas (glucosa y fructosa) que la miel final, cuyo contenido de azúcar fermentable es mayormente sacarosa.

En lugar de atribuir estos resultados a las sales minerales se tiene que tomar en cuenta que la producción de alcohol la determinan, en primer lugar, las concentraciones individuales de cada una de los azúcares fer-

mentables. El uso de estos sustratos fermentables disponibles en las mieles depende de las concentraciones relativas de sacarosa, glucosa y fructosa. Estas concentraciones de los azúcares presentes en las mieles varían según el porcentaje de hidrólisis de la sacarosa.

En este trabajo se estudió la influencia que tiene la concentración de sacarosa y los de los azúcares invertidos luego de su hidrólisis en *Z. mobilis*. Para esto se realizaron experimentos de fermentaciones con con-

FIG. 2.—Fermentación de sacarosa por *Z. mobilis*: 6 g./100 ml.

centraciones de sacarosa de 5%, 10%, 15% y 20% en medio básico que contenían, expresado en gramos por litro KH_2PO_4 , 5.0; $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$, 2.0; extracto de levadura, 2.0 y $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.4. Las fermentaciones se hicieron en matraces de 500 ml. que contenían 300 ml. de este medio a una temperatura de 30° C. y sin agitarlas. Se tomaron muestras para determinarlas mediante HPLC, el contenido de azúcares, etanol, sorbitol y estimados de leván a diferentes tiempos de fermentación. La fermentación prosiguió por 100 horas.

Los resultados demuestran varias tendencias. Primeramente, se observó que en todos los grupos experimentales la hidrólisis de la sacarosa se completó antes de las 30 horas de fermentación (fig. 1). Por otro lado se encontró que las concentraciones de glucosa y fructosa residuales aumentaron según aumentó la concentración de sacarosa al comienzo de la fermentación. En la concentración de 15% la cantidad de glucosa y fructosa residual fue de 1.16 y 3.13 g./100 ml., respectivamente. En la concentración 20% de sacarosa estos valores fueron

mayores: 4.02 y 5.56 g./100 ml. de glucosa y fructosa, respectivamente (tabla 1). La permanencia en el medio de tales cantidades de sustrato fermentable demuestra que la bacteria perdió la capacidad para usar los azúcares. Este resultado podría explicar el bajo rendimiento alcohólico que se obtiene en la fermentación de altas concentraciones de sacarosa. Cabe señalar, que la dificultad observable que puede tener *Z. mobilis* es la pobre utilización de altas concentraciones de sustratos. Parece que el aprovechamiento se afecta más por la pobre absorción de los sustratos que por la mala utilización en la síntesis de productos secundarios. Tanto la síntesis de leván como la de sorbitol deben ser el resultado de la presencia de niveles elevados de glucosa y fructosa en el medio. Como se mencionó anteriormente, la hidrólisis total de la sacarosa ocurrió antes de las 30 horas en todos los grupos experimentales. Como consecuencia de esta hidrólisis, los niveles de glucosa y fructosa aumentan. A medida que fue mayor la concentración de sacarosa al comienzo de la fermentación, la presencia de monómeros se mantuvo por

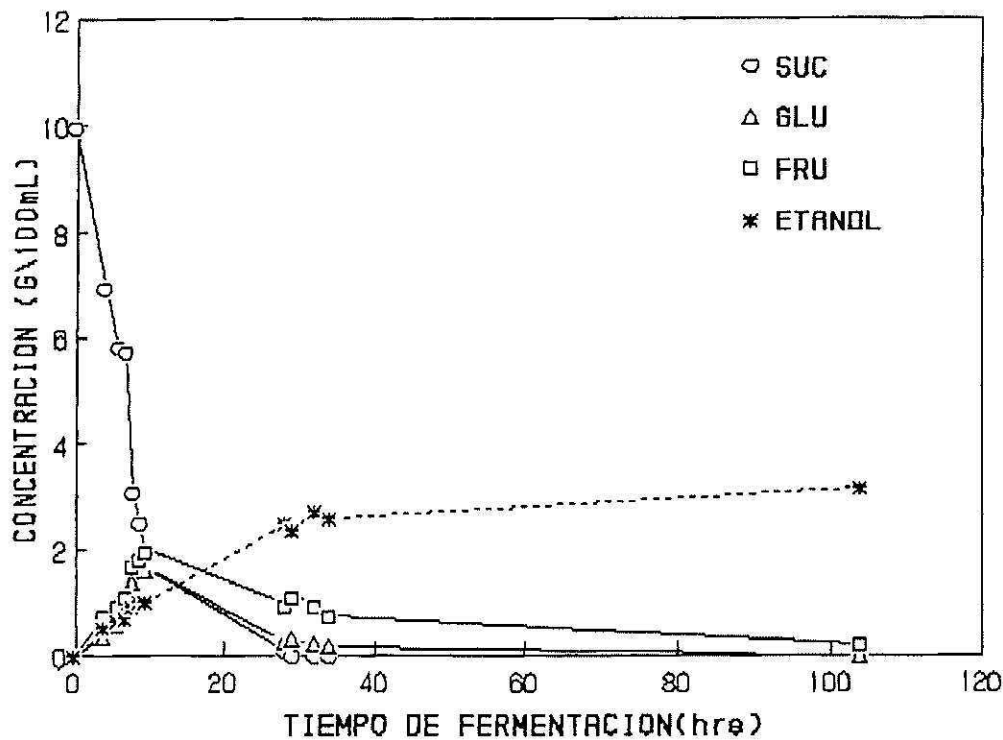


FIG. 3.—Fermentación de sacarosa por *Z. mobilis*: 10 g./100 ml.

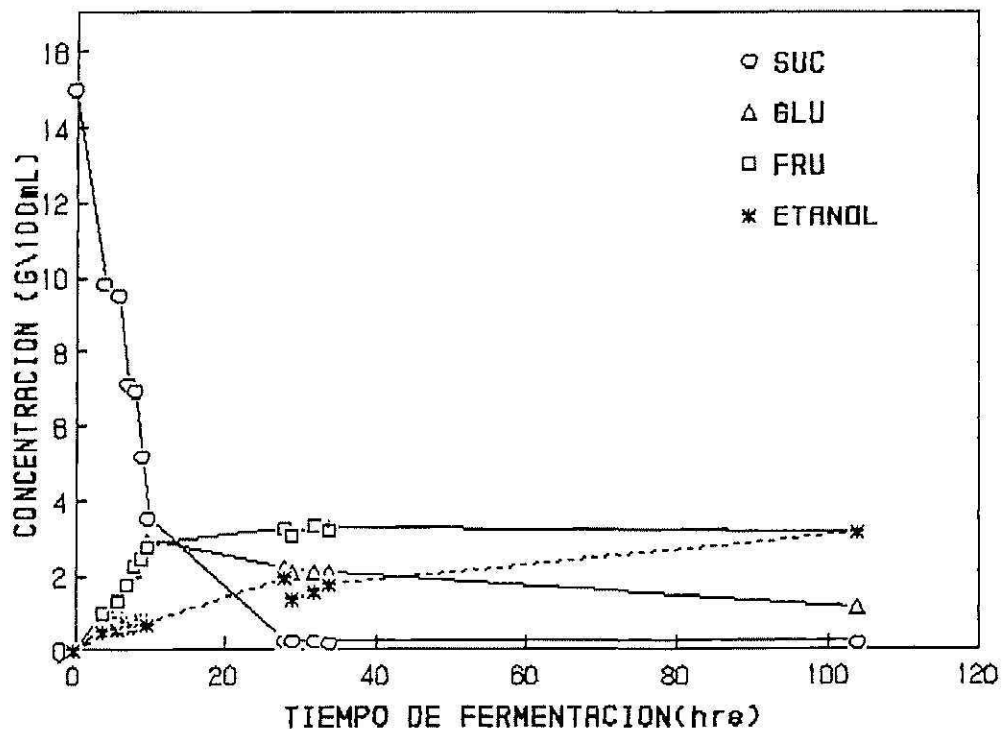


FIG. 4.—Fermentación de sacarosa por *Z. mobilis*: 16 g./100 ml.

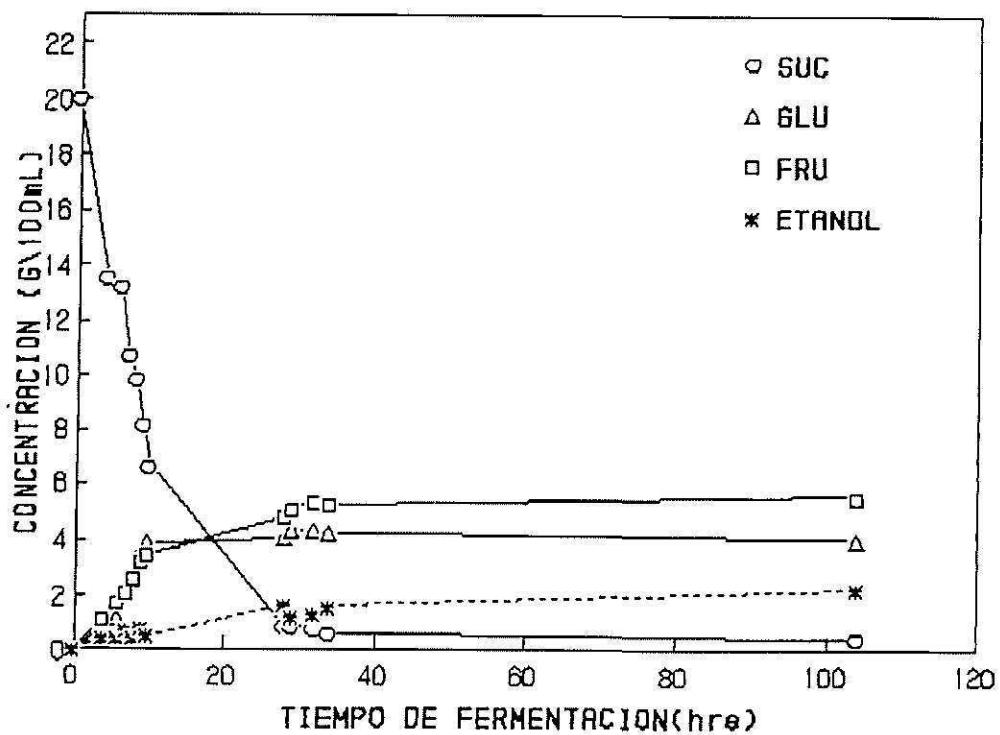


FIG. 5.—Fermentación de sacarosa por *Z. mobilis*: 20 g./100 ml.

más tiempo en el medio hasta detenerse su utilización por completo (fig. 2, 3, 4, 5). Al relacionar estos resultados con el comportamiento de *Z. mobilis* durante la fermentación de miel rica se infiere que una posible causa para el pobre rendimiento alcohólico que se obtiene de miel rica se debe a que la concentración de monómeros es mayor que en la miel final.

La concentración mayor de los monómeros aumenta la presión osmótica, lo que parece afectar el inicio efectivo de la fermentación. En otros resultados no discutidos aquí se encontró que la hidrólisis de la sacarosa en las mieles ocurre más lentamente que en el medio básico. En concentraciones de azúcares similares, se obtuvo rendimientos alcohólicos mayores en las

mieles que en medio básico. Esto ocurrió debido a la lentitud en la hidrólisis de sacarosa. De esta forma disminuye la acumulación de azúcares monoméricas en el medio debido a la rápida utilización de los sustratos para la producción de etanol.

Comparando estos resultados se puede decir que para lograr rendimientos alcohólicos altos en la fermentación de sacarosa, indistintamente del sustrato que se use, es imprescindible mantener bajos los azúcares monoméricos en el medio. De esta forma la bacteria logra absorber eficazmente el sustrato y como consecuencia lo aprovecha para producir etanol.

Angel Moret-Figueroa
Research assistant