

## CONSERVACION DE JUGOS DE CAÑA EN PROCESOS INTEGRADOS DE PRODUCCIONES Y COGENERACION ENERGÉTICA

### CONSERVATION OF CANE JUICES IN INTEGRATED PROCESSES OF PRODUCTIONS AND ENERGY COGENERATION

Dr. C. Ing. Joaquín de J. Obregón-Luna [obregon@suss.co.cu](mailto:obregon@suss.co.cu); Centro de Estudio de Energía y Procesos Industriales, (CEEPI). Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, Cuba.

#### Resumen

De datos obtenidos de publicaciones científico-técnicas se simuló y estimó bajo las condiciones de la industria del bioetanol en Cuba, el valor de 75% Brix mínimo a que pueden almacenarse los sustratos sin originar riesgos por contaminaciones en el proceso de fermentación alcohólica, con actividad acuosa lo suficientemente baja que origina una presión osmótica inhibitoria para los microorganismos contaminantes que normalmente acompañan la Miel Final. Los hongos xerófilos, levaduras osmófilas y bacterias halófilas que escapan a esta preservación, no han sido aislados por muchos años de caracterizaciones esta materia prima en el país. Una prueba piloto de conservación de jugos de caña energética con testigo de 17 t de Miel Final diluida a ese % Brix nominal, demostró la viabilidad de esta alternativa para interrupciones imprevistas del estado estacionario de procesos integrados de producciones a partir de jugos de caña. Palabras Clave: conservación, presión osmótica, jugos de caña, melaza, alcohol.

#### Abstract

From data of scientific-technical publications it was simulated and it estimated under the conditions of the bioethanol industry of Cuba, the value of 75% Brix minimum to that the mash can be stored, without originating risks for contaminations in the process of alcoholic fermentation, with watery activity the sufficiently low that originates an inhibitory osmotic pressure for the polluting microorganisms that usually accompany the blackstrap molasse. The xerophil molds, osmophilous yeasts and halophilous bacteria that escape to this preservation, have not been isolated by many years of characterizations this mash in the country. A test pilot of conservation of very high fiver juices with witness of 17 t of blackstrap molasse diluted to the same %Brix, demonstrated the validity of this alternative for accidental interruptions of the steady state of integrated processes of productions from cane juices.

Key words: conservation, osmotic pressure, cane juices, blackstrap molasse, alcohol.

## Introducción

La logística demuestra que cualquier materia prima aumenta su costo con el tiempo de almacenamiento [18], así como, en la industria química-biológica con fluidos, es requisito disponer de capacidades de almacenamiento de la misma a los efectos de garantizar su normal funcionamiento sin riesgos de paralizaciones por falta de esta [15], aparente dicotomía solucionada por un análisis de riegos y costos-beneficios, casuísticamente planta por planta aunque se realice a partir de una metodología general.

Desde el siglo pasado en Cuba el almacenamiento de Miel Final (melaza) de caña es una práctica común para las destilerías de bioetanol, con un espectro de capacidades que van desde 20 días hasta varios meses de cobertura de este insumo fundamental como fuente de carbono entre otros, según la fábrica de que se trate, aunque existen centrales azucareros en que se han almacenadas hasta 14 meses [3].

Referente a la concentración de sólidos solubles, la norma de calidad cubana para esta materia prima especifica entre otras 85% Brix mínimo [9], en España para alimento animal 75% Brix con una tolerancia hasta 70% Brix [4], en Costa Rica 75% Brix refráctométrico [10]; y así sucesivamente esta especificación de calidad de las melazas en diferentes países, registran estos valores como rango de incertidumbre. También 75% Brix ha sido utilizado para la preservación en medio ácido de las mismas para bioetanol [1], y siropes de azúcar para conservar caña de azúcar [2].

La caracterización microbiológica de melazas de caña llevadas a Cuba por decenas de años, demuestra que las bacterias son las que originan mayores riesgos de contaminaciones [14], ya que el alto contenido de levaduras detectadas entre los años 1965 a 1968 fue una rareza y no eran osmófilas [3].

La actividad fermentativa de los microorganismos depende de un grupo de característica que exhiban los mismos, entre ellas la de la actividad acuosa o de agua ( $A_w$ ) del medio en que se encuentren, y la pared celular de los mismos es la membrana semipermeable donde actúan las diferencias de concentraciones entre el plasma celular y dicho medio, que origina la presión osmótica muy utilizada en la industria alimenticia para la conservación [5].

Por otra parte, la producción flexible alcohol-azúcar en Cuba se concibe a partir de centrales azucareros existentes que producen azúcar crudo de alta calidad, y destinan como sustrato a fermentar para producir bioetanol, jugos pobres de los molinos de la planta de moler y de los filtros de cachaza, ambos a utilizar de inmediato; así como mieles B y melaza según el caso [8]. Las fábricas integradas materialmente operan en estado estacionario, y las paradas del central azucarero programadas decenalmente para limpieza de equipos y mantenimientos, no afectan la destilería de bioetanol pues ha acumulado mieles B o melazas para este propósito. Sin embargo, no está concebida como tal, una alternativa tecnológica si ocurre una parada imprevista prolongada en la destilería de bioetanol, lo cual pudiera ser solucionable si se destinan todos los jugos para producir azúcar, pero el riesgo de afectar la calidad del azúcar es significativo. Con un solo reporte de un análisis económico de una entidad estadounidense como referencia más cercana [7], más problemático ha sido este reto a la ingeniería química, al procesar industrialmente las nuevas variedades cubanas C-90 176 y C-90 178 de caña de muy alto contenido de fibra denominadas *energéticas*, que registran una media de macrocomposición del doble de bagazo y la mitad de jugos que no clarifican por método convencional cal-calor con y sin adición de floculantes aniónicos, y muy bajo los contenidos de sacarosa. Por estas razones no son viables técnica y económicamente para producir azúcar, pero el bagazo sí representan una abundante fuente de biomasa combustible para la cogeneración eléctrica en períodos fuera de la zafra azucarera, en centrales azucareros convencionales que producen solo 20 semanas/año, dada las características climáticas de Centroamérica y el Caribe al menos; lo que significa energía renovable y sostenible mitigante del calentamiento global al sustituir combustibles fósiles [16] [17]. Adicionalmente, para la fermentación alcohólica dichos jugos manifiestan azúcares infermentables naturales desde los campos agrícolas cañeros, y no admiten ebullición 100<sup>o</sup> C toda vez que se originan reacciones químicas aldohólicas y formadoras de sustancias del grupo del furfural, con una significativa afectación a la levadura y el rendimiento alcohólico, que originó desarrollar una tecnología química específica de preparación patentada, para su utilización inmediata en fermentación alcohólica [11] [13].

Por todo lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar una tecnología química basada en 75% Brix mínimo, a que pueden ser almacenados los jugos de caña, sin riesgos de deterioro que afecten la obtención de bioetanol mediante fermentación con levadura.

#### Materiales y métodos

De publicaciones para soluciones de sacarosa pura con mediciones de la actividad acuosa a diferentes % Brix [6], se construyó curva de  $A_w$  vs % Brix y se le halló en Excel la ecuación polinomial de la línea de tendencia, empleada en los cálculos utilizados para estimar similar comportamiento de las jugos conservados. Para cotejar la seguridad microbiológica del procedimiento, se emplearon datos de la literatura de  $A_w$  mínima para la actividad vital de diferentes microorganismos [5].

Tres corridas experimentales con 20 kg de jugos de caña energética a 75% Brix nominal, brindaron la información básica de laboratorio para la validación a mayor escala, que se realizó en un central azucarero con melaza de caña caracterizada, diluida con los jugos también caracterizados a 75% Brix nominal, de acuerdo al balance de materiales, que no consideró la contracción que registran las melazas al ser diluidas [6]. La mezcla de jugos de caña energética con melaza y testigo de esta última diluida al mismo % Brix con agua de retorno sin contaminaciones de azúcar u otra sustancia, para determinar el origen de problemas en caso de presentarse; requirió el siguiente balance de materiales con su incertidumbre, para determinar proporciones de cada componente a 75% Brix, cuya simbología para el algoritmo fue:

$B_{xm}$  = % Brix de la Miel Final seleccionada     $\tilde{n}_m$  = densidad de la Miel Final en g/ml

$B_{xj}$  = % Brix de los jugos tratados con calor     $\tilde{n}_j$  = densidad del jugo en g/ml

$X$  = Fracción peso de la Miel Final    75 = % Brix de ajuste nominal

El balance de sólidos solubles se planteó con la siguiente expresión matemática:

$$X \cdot B_{xm} + (1 - X) B_{xj} = 75 \quad (1) \quad \text{al operar}$$

algebraicamente se obtuvo:  $X \cdot B_{xm} - X \cdot B_{xj} + B_{xj} = 75$  se extrajo factor común  $X$ , se despejó para hallar la expresión adimensional en base a % Brix:

$$X = (75 - B_{xj}) / (B_{xm} - B_{xj})$$

Para expresar la ecuación en relaciones entre pesos se sustituyó por la densidad  $\tilde{n}$  obtenida de tablas internacionales existentes al respecto [6], se designó por  $W$  la fracción peso de la melaza y se obtuvo la siguiente relación adimensional también:

$$W = (1,37897 \text{ g/mL} - \tilde{n}_j \text{ g/mL}) / (\tilde{n}_m \text{ g/mL} - \tilde{n}_j \text{ g/mL})$$

Por su parte la relación en peso designada por  $WR$ , se halló la fracción jugo al asignar la unidad como base del algoritmo empleado, y se obtuvo la expresión:

$$WR = W / (1 - W) \quad (2)$$

A los efectos de facilitar su ejecución operacional en los equipos del central azucarero que están tarados en volúmenes, se ajustaron los cálculos a relaciones entre volúmenes  $VR$  y se obtuvo la consiguiente ecuación adimensional:

$VR = (W / \tilde{n}_m) / [(1 - W) / \tilde{n}_j]$  que al simplificar quedó la siguiente expresión:

$$RV = (W \cdot \tilde{n}_j) / [(1 - W) \cdot \tilde{n}_m] \quad (3)$$

Se elaboró una hoja de cálculo en Excel para facilitar los cálculos.

La melaza se fijó en el rango de 82% a 92% Brix y los jugos mayor 10% Brix.

Se obtuvo 17 t de jugos de caña energética conservados y otras 17 t de la misma melaza diluida como testigo, según el procedimiento descrito en la solicitud de patente 2007-0164 en la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial (OCPI) [12], se bombearon y almacenaron en dos cisternas (tanques) de ferrocarril, situados al lado del tanque de almacenamiento para la prueba piloto. Las corridas fermentativas se realizaron por duplicado con levadura seca activa fresca marca NEVADA, las mediciones físicas, los análisis químicos y microbiológicos fueron los utilizados en esta industria en Cuba [19]. Al inicio, cada 10 días hasta los 90 días, a los 120 días y 150 días; se caracterizaron las variables seleccionadas al efecto [13]. Las mezclas se realizaron con rigor sanitario bajo el sistema de análisis de riesgos y puntos críticos de control HACCP, según la metodología existente en Cuba para la industria biotecnológica de derivados de la industria azucarera [19].

La tabulación de los datos y su procesamiento estadístico utilizó la siguiente simbología:

JCE: Jugos de caña energética

N: espumación normal

Inferm.: azúcares fermentables

“: diferencia: Inicial- a los 150 días

Ufc/g: unidades formadoras de colonia/g

Sacar.: sacarosa

UE: % bioetanol formado hora<sup>-1</sup>

YPS: rendimiento en bioetanol

UB: g biomasa formada L<sup>-1</sup>hora<sup>-1</sup>

YXS: rendimiento en biomasa de levadura

YTS rendimiento total: YPS+ YXS

Red.: azúcares reductores

Azuc., Az.: azúcares

El procesamiento estadístico seleccionado fue la prueba no paramétrica de Mann-Whitney contenido en el paquete de programas SPSS versión 11.5, que se ilustraron con figuras gráficas construidas en Excel para facilitar la interpretación de los resultados. Además, se relacionaron las variables seleccionadas del sustrato objeto de evaluación piloto y el testigo de melaza sola por separado, mediante división de sus valores a los 80 días/Inicial, los resultados se restaron en valores absolutos entre el sustrato evaluado y el testigo, y se multiplicaron por 100 para determinar el % de desviación máxima.

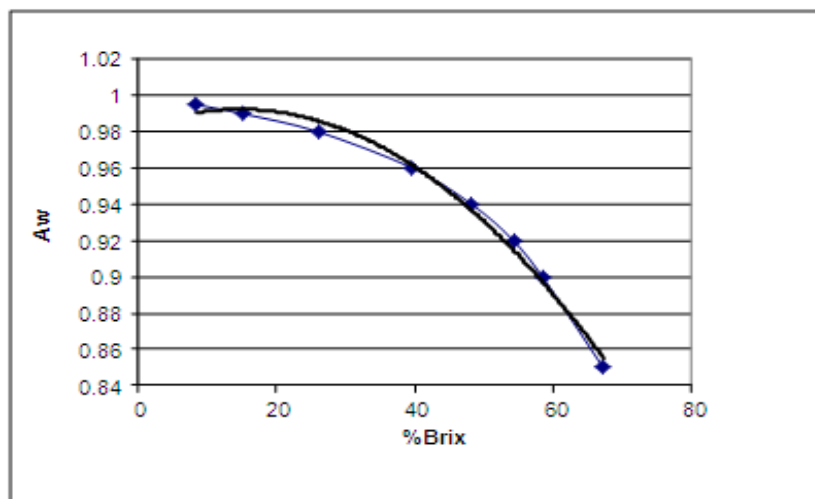
Se utilizaron jugos de caña energética en las pruebas experimentales de laboratorio y piloto, dada la necesidad de generalizar la industrialización de estas nuevas variedades de caña a cualquier central azucarero del país por una parte; y por otra, al no poder ser sometidos a ebullición ni purificación convencional, representan la situación tecnológica microbiológica más pesimista, de todas las posibles con otros jugos como los pobres de los molinos y filtros de cachaza de caña azucarera y también de sorgo dulce; que de demostrarse su viabilidad con estos jugos, se demuestra su aplicabilidad con los otros.

#### Resultados y discusión

La Figura 1 muestra la curva y la ecuación de la línea de tendencia obtenida, la Tabla 1 las Aw mínimas de crecimiento para diferentes microorganismos, ambos reportados en la literatura como antes se refirieron.

**Tabla 1.-** Aw mínima

<b>Microorganismo</b>	<b>Aw</b>
Bacterias normales	0,91
Levaduras normales	0,88
Hongos normales	0,80
Bacterias halófilas	0,75
Hongos xerófilos	0,65
Levaduras osmófilas	0,60



**Figura 1.** Efecto del %Brix sobre Aw

Al sustituir para Brix = 75% se determinó una  $A_w = 0,8125$ , estimada suficiente para conservar, toda vez que los microorganismos reportados en la Tabla 1 que escapan a este valor, no han sido aislados desde la década del 60 del siglo pasado al presente en las melazas de caña cubanas. No obstante, el valor de  $A_w$  es solo una aproximación, ya que la sacarosa a 20°C cuando alcanza 67,2% Brix en la solución es saturada. La mezcla de jugos de caña y melaza registra mayor presión osmótica, toda vez que la masa de un mol de sacarosa es 342 g, y los azúcares reductores libres como la glucosa y fructosa, alcanza solo 180 g mol<sup>-1</sup>; por lo que al mismo % Brix contienen más moles que con sacarosa pura. La Tabla 2 muestra las características de la melaza de caña y JCE para la evaluación.

Sustrato	% Brix	% Sacar.	% Red. Libres	pH	% Azuc. Totales	% Ceni-zas	% Az. Infer-tables	Ufc. g <sup>-1</sup>
Melaza	87,10	36,80	17,75	5,70	54,55	8,28	3,19	72 200
JCE	9,48	5,15	1,88	5,15	7,03	-	1,04	109 600

Por su parte las Tablas 3 y 4, compila los resultados de la mezcla de JCE con melaza almacenada en cisterna de ferrocarril durante los 150 días de evaluación, y la Tabla 5 el testigo de melaza sola diluida.

Variable	Inicial	Tiempo de mezclado en días											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	120	150	Δ
% Brix	75,33	75,32	75,35	75,21	75,11	74,98	74,81	74,64	74,56	74,29	74,01	73,63	- 1,70
% Sacar.	32,03	31,97	31,88	31,76	31,68	31,61	31,55	31,41	31,30	31,20	31,00	30,95	- 1,08
% Red. Libres	15,39	15,38	15,31	15,24	15,19	15,18	15,15	15,23	15,20	15,16	15,01	14,78	- 0,61
%A.T.	47,42	47,35	47,19	47,00	46,87	46,49	46,70	46,64	46,50	46,36	46,01	45,73	1,69
% Inferm.	2,88	2,89	2,85	2,87	2,84	2,83	2,83	2,81	2,79	2,77	2,73	2,72	- 0,16
% Ceniza	7,17	7,17	7,15	7,11	7,08	7,10	7,11	7,07	7,06	7,04	7,03	7,00	- 0,17
pH	5,60	5,60	5,55	5,60	5,57	5,55	5,55	5,53	5,50	5,50	5,50	5,50	- 0,10
ufc  Total/g 10 <sup>-3</sup>	79,9	80,3	80,6	81,0	81,1	81,5	81,9	90,6	91,8	93,0	96,6	99,8	+ 19,9
UE	0,373	0,375	0,375	0,383	0,389	0,393	0,406	0,416	0,421	0,426	0,432	0,438	+ 0,065
UB	0,281	0,280	0,280	0,280	0,276	0,281	0,283	0,281	0,283	0,291	0,296	0,297	+ 0,016
YPS. 100	80,21	80,43	80,46	80,59	80,63	80,71	80,69	80,72	80,75	80,74	80,76	80,79	+ 0,58
YXS .100	6,52	6,48	6,45	6,40	6,50	6,58	6,60	6,57	6,58	6,59	6,71	6,79	+ 0,27
YTS. 100	86,73	86,91	86,91	86,99	87,13	87,29	87,29	87,29	87,33	87,33	87,47	87,58	+ 0,85
Acidez	0,91	0,90	0,93	0,94	0,94	0,96	0,98	0,99	1,04	1,06	1,12	1,18	+ 0,27
Espu-mación	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Variable	Inicial	Tiempo de mezclado en días											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	120	150	?
% Brix	75,41	75,40	75,36	75,34	75,28	75,16	75,01	74,81	74,73	74,54	74,26	74,18	-1,23
% Sacar.	31,879	31,88	31,83	31,85	31,81	31,76	31,69	31,51	31,58	31,57	31,54	31,49	-0,40
% Red. Libres	15,36	15,36	15,30	15,32	15,25	15,20	15,16	15,11	15,03	14,80	14,62	14,45	-0,91
%A. T.	47,25	47,2	47,1	47,1	47,0	46,9	46,8	46,7	46,6	46,3	46,1	45,9	-1,31
% Infirm.	2,75	2,78	2,76	2,74	2,71	2,66	2,63	2,61	2,62	2,61	2,63	2,62	-0,13
% Ceniza	7,19	7,19	7,17	7,18	7,18	7,14	7,13	7,11	7,11	7,08	7,05	7,01	-0,18
pH	5,70	5,70	5,70	5,65	5,65	5,63	5,63	5,61	5,60	5,60	5,60	5,60	-0,10
ufc Total/g $\cdot 10^3$	61,3	61,9	62,8	63,6	63,9	64,8	65,6	66,0	68,0	68,6	69,4	71,2	+9,9
UE	0,382	0,38	0,38	0,39	0,39	0,40	0,41	0,42	0,42	0,43	0,43	0,43	+0,051
UB	0,290	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30	+0,017
YPS. 100	79,89	79,9	79,9	80,0	80,1	80,1	80,3	80,2	80,3	80,2	80,3	80,3	+0,43
YXS .100	6,63	6,64	6,70	6,69	6,70	6,74	6,77	6,75	6,76	6,80	6,81	6,84	+0,21
YTS. 100	86,62	86,6	86,6	86,7	86,8	86,9	87,0	87,0	87,0	87,0	87,1	87,1	+0,54
Acidez	0,85	0,85	0,88	0,86	0,89	0,90	0,89	0,91	0,93	0,95	1,03	1,07	+0,22
Espumación	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-

A continuación se muestran los resultados del procesamiento estadístico y las figuras de ilustración al respecto.

Pruebas no paramétricas Mann-Whitney para variables de macrocomposición de jugos de caña energética industriales conservados

Ranks

	SUSTRATO	N	Mean Rank	Sum of Ranks
BRIX	1	12	11.13	133.50
	2	12	13.88	166.50
	Total	24		
A.T	1	12	11.79	141.50
	2	12	13.21	158.50
	Total	24		
ACIDEZ	1	12	16.21	194.50
	2	12	8.79	105.50
	Total	24		
Ufc	1	12	18.50	222.00
	2	12	6.50	78.00
	Total	24		

Test Statistics

	BRIX	A.T	ACIDEZ	Ufc
Mann-Whitney U	55.500	63.500	27.500	.000
Wilcoxon W	33.500	41.500	05.500	78.000
Z	-.953	-.491	-2.573	-4.158
Asymp. Sig. (2-tail)	.341	.624	.010	.000
Exact Sig. [2*(1-tail Sig.)]	.347 <sup>a</sup>	.630 <sup>a</sup>	.008 <sup>a</sup>	.000

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: SUSTRATO

Pruebas no paramétricas Mann-Whitney para variables fermentativas alcohólica de jugos de caña energética industriales conservados

Ranks

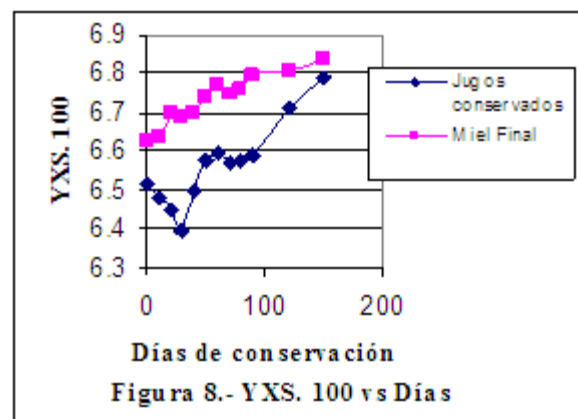
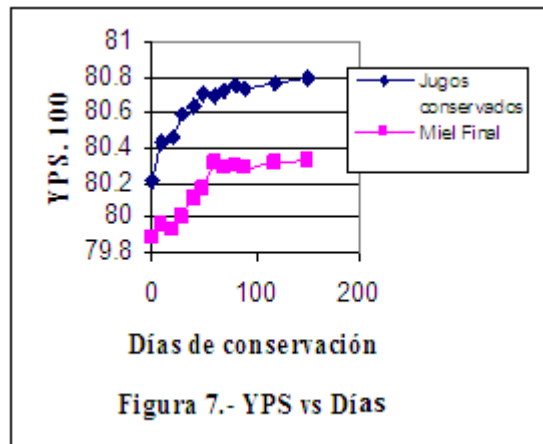
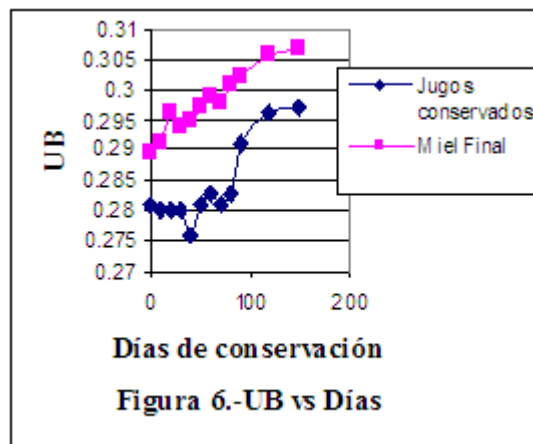
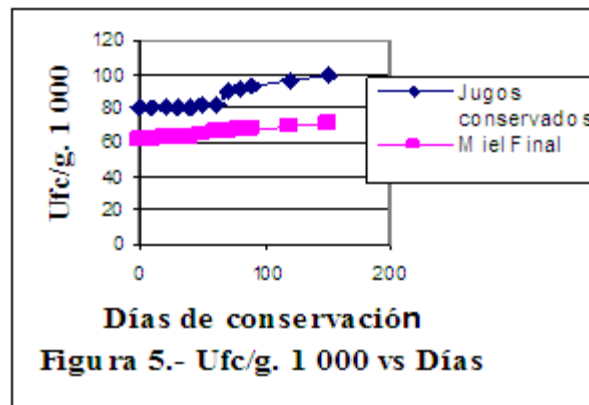
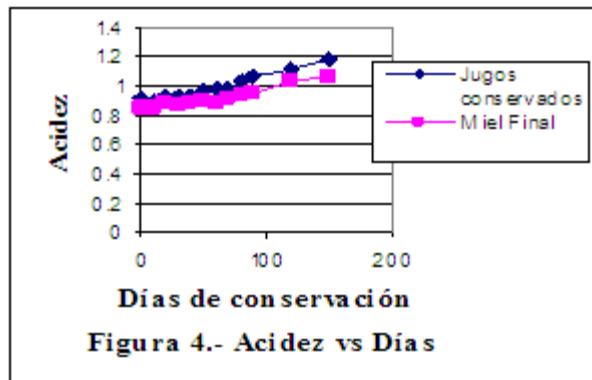
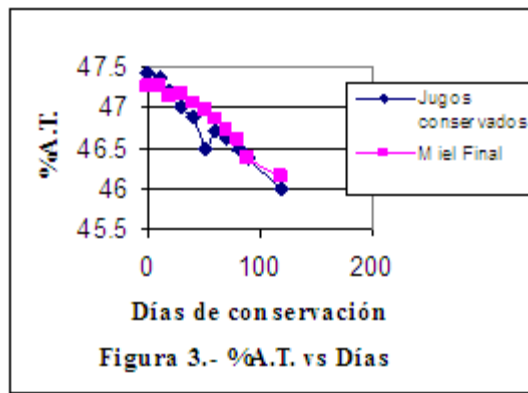
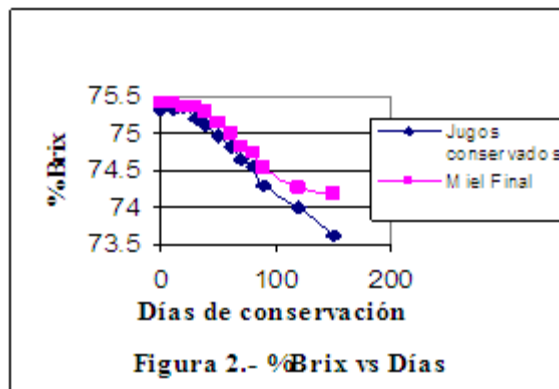
	TIPO	N	Mean Rank	Sum of Ranks
UE	Mezcla	12	10,92	131,00
	Miel	12	14,08	169,00
	Total	24		
UB	Mezcla	12	7,58	91,00
	Miel	12	17,42	209,00
	Total	24		
YPS	Mezcla	12	18,00	216,00
	Miel	12	7,00	84,00
	Total	24		
YXS	Mezcla	12	7,67	92,00
	Miel	12	17,33	208,00
	Total	24		

Test Statistics

	UE	UB	YPS	YXS
Mann-Whitney U	53,000	13,000	6,000	14,000
Wilcoxon W	131,000	91,000	84,000	92,000
Z	-1,098	-3,418	-3,812	-3,350
Asymp. Sig. (2-tail)	,272	,001	,000	,001
Exact Sig. [2*(1-tail Sig.)]	,291 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: TIPO





Estadísticamente se determinó lo siguiente:

VARIABLES DE MACROCOMPOSICIÓN:

<sup>a</sup>% No hubo diferencias significativas entre los Jugos conservados y la melaza diluida en los % Brix y % A.T. representados en las Figuras 2 y 3 respectivamente, muy trascendentes ya que de la melaza existe considerable cultura científica y tecnológica en el mundo, pero de estos nuevos jugos de caña energética no.

<sup>a</sup>% Las Acideces y las ufc/g registraron diferencias significativas que constatan en las Figuras 4 y 5, la melaza sola tuvo mejor comportamiento, aspecto esperado por la mayor carga contaminante y ácido formadora de la microbiótica epifita residual aun con actividad vital de los jugos de caña energética. Las acideces se corroboraron determinísticamente en las Tablas 3 y 4, donde se precisó desde el inicio que la mezcla de melaza con jugos de caña energética registró un valor mayor que la dicha melaza sola diluida, dada a la alta acidez natural que manifiestan estos nuevos jugos desde los campos agrícolas cañeros.

VARIABLES FERMENTATIVAS ALCOHÓLICA:

<sup>a</sup>% Los resultados estadístico mostraron que no hay diferencias significativas en la UE, que demostró que la cinética bioquímica de síntesis del bioetanol fue prácticamente la misma con ambos sustratos por lo que no hubo manifestación de déficit de magnesio.

- La cinética microbiana UB fue significativamente mejor con la melaza sola, lo que principalmente se interpretó en que el contenido de biotina en este sustrato es mayor, microcomponente que favorece el crecimiento celular de la levadura, que se manifestó en un mayor rendimiento de biomasa YXS. Este análisis de resultados se pueden observar en las Figuras 6 y 8.

- El rendimiento alcohólico YPS de la mezcla de melaza con jugos de caña energética, registró un significativo mejor comportamiento que se confirmó en la Figura 7, lo que se explicó por el hecho de que al tener este sustrato menor contenido de dicha melaza como fuente de carbono, también son menores los inhibidores normales a la fermentación alcohólica que contiene la misma, y que se forman mayoritariamente en el central azucarero dada las características termoquímicas de la tecnología de producción de azúcar.

La Tabla 5 muestra la relación a los 80 días/Inicial de las mismas en cada sustrato por separado y diferencias máximas expresadas en %.

**Tabla 5.-** Relaciones y % de diferencia máxima de variables. 80 días/Inicial

Substrato	% Brix	% A.T.	ufc/g	UE	UB	YPS	YXS	YTS	Acidez
Mezcla de melaza con JCE	0,990	0,978	1,148	1,129	1,007	1,007	1,009	1,007	1,143
Melaza sola	0,991	0,986	1,109	1,109	1,038	1,005	1,020	1,005	1,094
% de diferencia máxima	0,10	0,82	3,52	0,53	3,08	0,20	1,09	0,20	4,48

La Tabla 5 mostró que los cambios entre ambos sustratos a los 80 días no registraron variaciones de significación en % Brix, % A.T., UE, YPS y YTS; que no permitieron discriminar la incidencia negativa de 75% Brix en la conservación de los jugos y su testigo, así como, la mayor o menor bondad fermentativa de un sustrato respecto al otro. Por su parte, sí se pudo discernir que la melaza sola se comportó mas adecuadamente a los 80 días por la ruta metabólica de la biosíntesis de biomasa de levadura como manifestaron la **UB** y el **YXS**, por lo que corroboró lo antes analizado. Por su parte la Acidez y la **ufc/g** fueron mayores en los jugos de caña energética conservados que confirmó la validez del análisis realizado a estas variables ilustradas en las Figuras 4 y 5. Ello probablemente se deba a la germinación de las esporas bacterianas que pueden hacerlo a esta Aw, pero una vez en su estado celular está reprimida su

actividad vital por la presión osmótica, que aunque ocurre extremadamente lenta, no significa que esté paralizada, lo que se confirmó el análisis realizado antes a las variables de macrocomposición. En este aspecto sí difiere de la melaza de caña sin diluir que se reducen las ufc Total/g con el tiempo, sin embargo, no llegan a niveles que puedan originar riesgos por contaminaciones en la fermentación alcohólica.

Por otra parte las propias Tabla 3 y 4 mostraron que los % Brix Inicial en la validación fueron 75,33% y 75,41% respectivamente, o sea, un máximo de 0,41% superior al nominal del balance de materiales, que introduce un error de poco más de 0,5% no significativo. Dos razones básicas lo explican: el balance de materiales no tuvo en cuenta la contracción que sufren las mieles finales al ser diluidas, y operacionalmente el rango de incertidumbre de esta variable incluida su apropiada homogenización, están dentro de los valores aceptados para mezcla por lote (*batch*) en cualquier destilería de bioetanol. Se comprobó además, que todas las variables de macrocomposición química excepto la Acidez que se incrementó, disminuyeron al aumentar los días de almacenamiento, comportamiento análogo al que manifiestan las melazas sin diluir. Esto revela que las transformaciones química aunque lentas, ocurren con la duración del almacenamiento a 75% Brix también, lo que denota que esta al igual que la melaza sin diluir, no son materias primas invariables en sus características de composición, sino que sufren cambios con el tiempo de reposo en estado estático.

La comparación a los 80 días es el promedio máximo de días factibles económicamente en las condiciones cubanas, para el almacenamiento de melaza de caña; por lo que para su utilización práctica de la alternativa de conservación a 75% Brix, conlleva un análisis de costos y beneficios lugar por lugar casuísticamente.

### **Conclusiones**

-Se determinó y demostró bajo las condiciones piloto de la investigación que: 75% Brix es la concentración de sólido solubles mínima inicial, a que pueden almacenarse los jugos de caña energética y azucarera, sin riesgos de deterioro como materia prima para la fermentación alcohólica, por espacio de 80 días de forma fiable, siempre y cuando cumpla las especificaciones de calidad y de operaciones industriales biotecnológicas normadas en Cuba.

-La utilidad práctica de esta investigación radica: en que es utilizable como tecnología química para conservar jugos pobres de caña azucarera y de sorgo dulce, lo cual califica como novedoso al menos en el Caribe.

-La decisión de aplicar esta alternativa tecnológica será factible a partir de que un análisis de costos y beneficios, demuestre su viabilidad económica entre otros, ya que la capacidad de almacenamiento de la fuente de carbono de melaza se reduce en alrededor del 10% debido a la dilución.

### **Bibliografía**

[1] Álvarez, J. A.; J. A. Fabelo y F. M. Romero. Conservación de las mieles para la fermentación alcohólica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), Revista Centro Azúcar (2002) 29 (3), 15 -22. Cuba, ISSN 0253-5757.

[2] Batstone, D. B. *Preservation of sugar cane and other plant materials. Patente US2005142265. Pub.No.: US 2005/0142265 A1.*

[3] Biart, J.; P. Serrano y J. Conde. Estudio de las mieles finales de la caña de azúcar. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Monografía (1982), 97 p.

[4] FEDNA. Melaza de caña (2003). Disponible en: <http://www.etsia.upm.es>.

[5] Frazier, W. C. y D. C. Westhoff. Microbiología de los Alimentos. Editorial Acribía, Zaragoza, España. (1993).

[6] Honig, P. Principios de tecnología azucarera. Tomos I y III. Edición Revolucionaria, 2da. Reimpresión, Cuba. (1987).

[7] Keenlside, W. An economic analysis of cane sugar production. Proceeding of the XIX International Congress of the ISSCT. Jakarta, Indonesia, (1986) 1026 – 1035.

[8] MINAZ. Programa de modernización e instalación de destilería para la producción flexible de azúcar y etanol. CD-ROM, (2006). 16 pp.

[9] Norma Cubana. Miel Final para Fermentaciones. Especificaciones de Calidad. NC 81-46. (1989).

- [10] NCR 192:1992. Melaza de caña (2007).. Disponible en : [reventazon.meic.go.cr/información/onnum/normas/192.pdf](http://reventazon.meic.go.cr/información/onnum/normas/192.pdf)
- [11] Obregón-Luna, J. J.; R. Hernández; A. Vera y O. Romero. (2007). Procedimiento de preparación de jugos de caña energética como sustrato para producir bioetanol y biomasa de levadura. OCPI, Patente CU 23 211, Cuba. (2007).
- [12] Obregón-Luna, J. J. Procedimiento de conservación de jugos de caña energética. Solicitud de patente OCPI 2007-0167, Cuba. (2007).
- [13] Obregón-Luna, J. J. (2008). Estudio para la obtención de bioetanol a partir de jugos de caña energética como componente del sustrato. Tesis en la opción del grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química y Farmacia, UCLV, Cuba.
- [14] Obregón-Luna, J. J. y R. Abreu-Naranjo. Bacterias en melaza de caña azucarera para producir bioetanol: Método de estimación de la incertidumbre de contaminación por bacterias. Revista INGENIERÍA QUÍMICA No. 476, Noviembre 2009. ISSN 0210-2064. Reed Business Information, SAU. España.
- [15]. Petrides, D. Bioseparations Science and Engineering. Chapter 11. Bioprocess Design and Economics. Oxford University Press. (2003). ISBN 0-19-512340-9.
- [16]. Pichs, R. Cambio climático, globalización y subdesarrollo. Editorial Científico-Técnica, La Habana. (2008). ISBN 978-959-05-0536-2, 205 pp.
- [17]. Romero, O.; J. Ríos; E. Quintero y P. Douglas. Optimización de la operación anual de una planta de cogeneración con bagazo. UCLV, Revista Centro Azúcar 34 (1): (2007). 12-18, Cuba, ISSN 0253-5757
- [18] Torres, M.; J. Daduna y B. Mederos. Logística. Editorial Universitaria, CD-ROM. (2007). ISBN 978-959-16-0531-3, Cuba.
- [19] Villa, P.; L. Bueno y F. Valdés. Metodología para la limpieza y desinfección en la producción biotecnológica de derivados de la industria azucarera. ICIDCA. Monografía, (2001). 89 p.