

## **Influencia de la concentración de ácido cítrico en las propiedades de siropes de azúcar invertidos**

Influence of citric acid concentration on the properties of invert sugar syrups

Leissy Gómez-Brizuela<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4832-7160>

Wendy Vázquez-Sotolongo<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3534-2882>

Héctor Luis Ramírez-Pérez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1383-5149>

Jesús Luis-Orozco<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6484-0672>

Jonathan Serrano-Febles<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5809-2890>

<sup>1</sup>Centro de Estudios Biotecnológicos. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Universidad de Matanzas, Cuba

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad de

Matanzas, Cuba

\*Autor para la correspondencia: correo: [leissygomez72@gmail.com](mailto:leissygomez72@gmail.com)

### **RESUMEN**

La industria de los alimentos representa un sector económico importante a nivel mundial. Cuba por ser un país altamente productor de azúcar, es a su vez productor de diferentes tipos de jarabes edulcorantes. En este trabajo se realiza un estudio de la variación de las concentraciones del ácido cítrico en 10 variantes de preparados de sirope, para determinar su influencia en el proceso de hidrólisis y en los parámetros de calidad sensorial establecidos. Como resultado del mismo se obtuvo que la cantidad de ácido influye en la concentración de azúcares reductores y en el pH de las soluciones, los sólidos disueltos e insolubles no

dependen de la dosis de ácido añadida. Mediante la evaluación sensorial se determinó que la muestra con menor cantidad de ácido cítrico es la de mejor gusto al paladar. El análisis económico realizado mostró que con la disminución de ácido cítrico en el proceso (7 kg a 1 kg por templa) se logra un ahorro de 66 CUC por templa, siendo el proceso económicamente más rentable.

**Palabras clave:** hidrólisis ácida; ácido cítrico; siropes; características sensoriales

## **ABSTRACT**

The food industry represents an important economic sector worldwide. Cuba, being a highly sugar-producing country, is in turn a producer of different types of sweetener syrups. In this work, a study of the variation of acid concentrations is carried out in 10 variants of syrup preparations in order to determine its influence on the hydrolysis process and on the established sensory quality parameters. We find that the amount of acid influences the concentration of reducing sugars as well as the pH of the solutions; besides, the dissolved and insoluble solids do not depend on the dose of added acid. Through sensory evaluation, we determine that the sample with the least amount of citric acid is the one with the best taste on the palate. The economic evaluation shows that with the reduction of citric acid in the process (7 kg per temper to 1 kg per temper), a saving of 66 CUC per temper is achieved, making the process more profitable.

**Keywords:** acid hydrolysis; citric acid; syrup, sensory characteristic

Recibido: 15/12/2021

Aceptado: 08/04/2022

## **Introducción**

La industria de alimentos representa un sector económico importante a nivel mundial. Dentro de los insumos relacionados con dicha industria se encuentran los edulcorantes, utilizados como aditivos para la preparación de formulaciones

alimenticias.<sup>(1)</sup> Los siropes de azúcar invertido son disoluciones más o menos concentradas, elaboradas con azúcar como ingrediente principal, aportándole su sabor dulce característico, valor alimenticio o energético y actuando como preservante en la conservación y prolongación de la vida media de este alimento. Como ingrediente secundario se emplea agua de excelente calidad para evitar la descomposición de los mismos, ya que constituyen un medio notable para el crecimiento de hongos, levaduras y bacterias.<sup>(2)</sup>

Existen diferentes tipos de siropes entre los que se destacan los siropes concentrados de sacarosa (66,5-68 %) y los de sacarosa parcial o totalmente hidrolizados, para producir una mezcla de glucosa y fructosa. Se encuentran además los siropes de glucosa obtenidos por hidrólisis química o enzimática de almidones y los de fructosa, producidos por isomerización enzimática de la glucosa.

Los métodos más tradicionales de obtención de sirope se basan en la inversión de la sacarosa, utilizando ácidos (hidrólisis ácida), resinas de intercambio iónico o enzimas (hidrólisis enzimática). El primero tiene como inconveniente la formación de productos no deseables y corrosión en los equipos. El segundo, genera residuos y requiere de un consumo de productos químicos para la regeneración de las resinas. Por otro lado, la hidrólisis enzimática es el método más empleado a nivel mundial, pero requiere de un alto costo debido a la poca recuperación de la enzima utilizada.<sup>(3,4)</sup>

Cuba por ser un país altamente productor de azúcar, es a su vez productor de diferentes tipos de jarabes, entre los cuales se encuentran los siropes. Los mismos son generalmente el resultado de mezclar jarabe de fructosa refinado y jarabe de azúcar refino B. Este último es el producto de la hidrólisis ácida de la sacarosa, lo cual garantiza el sabor característico del sirope y la no cristalización a lo largo del tiempo. La hidrólisis ácida es el mejor método para la obtención de azúcares reductores; pero a su vez tiene como inconveniente la posibilidad de originar productos coloreados, con presencia de cenizas y subproductos no

deseados.<sup>(5)</sup> Es un proceso corrosivo que puede ocasionar daños perjudiciales a la salud, por el uso excesivo de ácido.<sup>(6)</sup>

El sirope a evaluar ha presentado problemas con respecto al sabor y a los niveles de inversión de sacarosa, los cuales se encuentran estrechamente relacionados con las cantidades de ácido cítrico que se adiciona al proceso. Como objetivo de este trabajo se propone evaluar diferentes concentraciones de ácido cítrico para determinar su influencia en la calidad del producto, garantizando una mayor aceptación del mismo por parte del consumidor.

## **Materiales y métodos**

### **Descripción del proceso productivo**

El sirope en estudio resulta de mezclar proporcionalmente jarabe de fructosa refinado (56 %) y jarabe de azúcar refino B (43 %). Este último es elaborado a partir de azúcar refino B (70 %), agua a 90°C y ácido cítrico (0,5 %) a razón de 1 g/L para acentuar el sabor del producto final y lograr la inversión de la sacarosa. Una vez preparada la disolución se toman muestras para el control de la calidad y la misma es mezclada con el jarabe de fructosa refinado. Posteriormente el jarabe es saborizado y coloreado, según los patrones establecidos, para ser envasado y etiquetado.

### **Variación del contenido de ácido cítrico en el proceso**

Se prepararon diez muestras a 70 °Brix, variando el contenido de ácido cítrico en el intervalo 0,539-3,774 g con el objetivo de evaluar la influencia del ácido en la elaboración del sirope. Siete de las muestras se prepararon con azúcar refino B y se varió la cantidad de ácido adicionado. Se prepararon, además, tres muestras (AF), siguiendo el procedimiento anterior, pero variando la cantidad de azúcar y añadiendo 178 mL de fructosa. Las cantidades de agua, azúcar y ácido que se añadieron se calcularon siguiendo las normas de la escala industrial. Todos los

análisis fueron realizados al menos por triplicado, informándose los valores promedios de las determinaciones.

### **Determinación de sólidos refractométricos disueltos en el sirope**

Se realiza con el objetivo de cuantificar el contenido total de sacarosa disuelta en el líquido.<sup>(7)</sup>

### **Determinación de azúcares reductores**

Se realiza por el método del DNSA (ácido dinitrosalicílico) con solución patrón de glucosa.<sup>(8)</sup>

### **Determinación potenciométrica de pH**

Se realiza como medida de la acidez o alcalinidad de la disolución.<sup>(7)</sup>

### **Determinación gravimétrica de los sólidos insolubles**

Este método se basa en la separación de las impurezas insolubles presentes en el jugo y la determinación de su masa seca. La muestra es un sirope de gran viscosidad, siendo necesario realizar modificaciones al método.<sup>(9)</sup>

### **Determinación sensorial del sabor**

Las características sensoriales más importantes de los siropes son: olor, sabor y apariencia.<sup>(10)</sup> Para la evaluación del sabor de las muestras estudiadas se selecciona el método de los expertos o método de Kendall.<sup>(9)</sup>

Se llevan a cabo los siguientes pasos:

- Selección del panel de expertos.
- Diseño y aplicación de las encuestas a valorar por el panel.
- Determinación del grado de concordancia de los expertos.
- Cálculo del coeficiente de ponderación.

- Análisis de los resultados obtenidos.

### Selección del panel de expertos

El panel de expertos utilizado se constituyó con 10 especialistas de reconocido prestigio, con 15 o más años de experiencias.

### Diseño y aplicación de la encuesta

La encuesta se encabeza de la siguiente forma y se muestra en las tablas 1 y 2:

Llenar la siguiente encuesta considerando que cada muestra está preparada a 70 grados Brix y varía la cantidad de ácido cítrico añadido, para realizar una evaluación del sabor donde se le asigne el valor 7 al sabor más agradable, e ir disminuyendo la puntuación según usted considere hasta alcanzar el valor 1. Lo mismo sucede con las tres muestras preparadas con el jarabe de fructosa, se le asignará una puntuación de tres puntos a la del sabor más agradable para su paladar hasta llegar a 1.

**Tabla 1-** Encuesta aplicada al panel de expertos para muestras que contienen azúcar refino B

K	Contenido de ácido (g)	Valor Asignado
1	Muestra 1 (0,539)	
2	Muestra 2 (1,078)	
3	Muestra 3 (1,617)	
4	Muestra 4 (2,156)	
5	Muestra 5 (2,696)	
6	Muestra 6 (3,237)	
7	Muestra 7 (3,774)	

**Tabla 2-** Encuesta aplicada al panel de expertos para muestras que contiene azúcar refino B y sirope de fructosa

K	Contenido de ácido (g)	Valor Asignado
1	Muestra 1 con jarabe de fructosa (0,539)	
2	Muestra 1 con jarabe de fructosa (1,078)	
3	Muestra 1 con jarabe de fructosa (1,617)	

### **Determinación del grado de concordancia entre los expertos**

A partir de los resultados de la encuesta se determinó el grado de concordancia entre los expertos empleando el coeficiente de Kendall, que responde a la expresión siguiente:

$$W = \frac{12 S}{m^2(K^3 - K)} \quad (1)$$

donde:

$$S = \sum_{i=1}^K \left[ R_i - \frac{\sum R_i}{K} \right]^2 = \sum_{i=1}^K \Delta^2 \quad (2)$$

W- Coeficiente de Kendall

S – Suma de cuadrados de las desviaciones observadas de la media

R<sub>i</sub> – Suma de criterio de los expertos con relación al factor i

K – Número de factores investigados

m – Número de expertos

### **Cálculo del coeficiente de Ponderación Coeficiente de ponderación para cada variable:**

$$K_i = \frac{R_i}{\sum R_i}$$

## **Resultados y discusión Sólidos disueltos en el sirope (º Brix)**

En los jarabes terminados endulzados con azúcar, la principal característica a controlar fue el contenido de sacarosa, propiedad que se determinó mediante los

grados Brix.<sup>(7)</sup> En la tabla 3 se exponen los resultados obtenidos al realizar estas mediciones a las muestras de jarabe evaluadas.

**Tabla 3-** Valores de los grados Brix de las muestras de sirope estudiadas

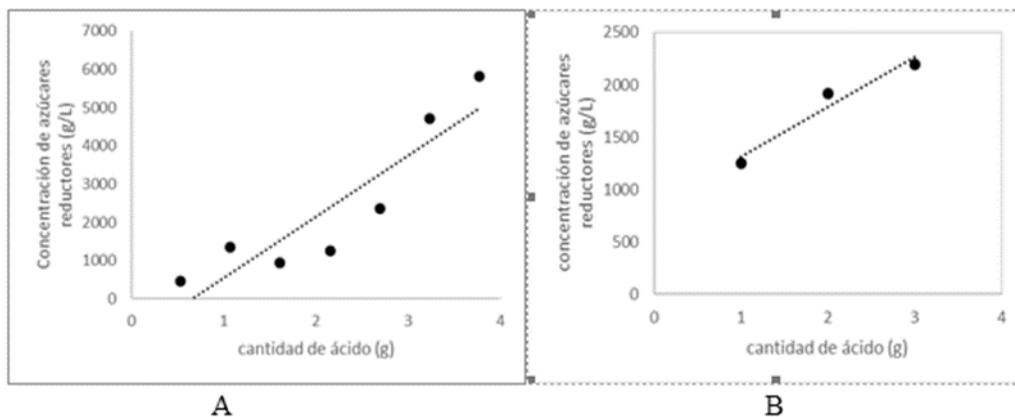
Nº muestra	Cantidad de ácido (g)	°Brix X ± DS
1	0,539	70,4 ± 1,2 (a)
2	1,078	70,4 ± 1,5 (a)
3	1,617	68,7 ± 3,0 (a)
4	2,156	67,1 ± 3,2 (a)
5	2,696	67,5 ± 2,5 (a)
6	3,237	67,4 ± 4,0 (a)
7	3,774	67,8 ± 2,4 (a)
1 AF	0,539	70,9 ± 0,4 (a)
2 AF	1,078	69,9 ± 1,1 (a)
3 AF	1,617	70,4 ± 0,9 (a)

Los datos reportados son representativos de 3 experimentos independientes. Los valores corresponden a la media ± DS. La significación estadística de los datos se definió mediante la prueba de ANOVA. Para las comparaciones múltiples se utilizó la prueba Tukey. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas para  $\alpha = 0,05$ .

El análisis de los resultados obtenidos mostró que no existe diferencia significativa en el valor del Brix de las variantes de sirope evaluadas, por lo que se puede plantear que la cantidad de ácido añadida no influye sobre la cantidad de sólidos disueltos. Se aprecia además, que la presencia del jarabe de fructosa no incrementa el valor de °Brix.

### **Azúcares reductores**

La concentración de azúcares reductores permite evaluar el nivel de inversión que se alcanza según la cantidad de ácido añadido. En la figura 1 se muestra la influencia de las dosis de ácido cítrico añadido en la obtención de los azúcares reductores en las preparaciones evaluadas.



**Fig.1-** Concentración de azúcares reductores. A: muestras que no presentan jarabe de fructosa, B: muestras con jarabe de fructuosa

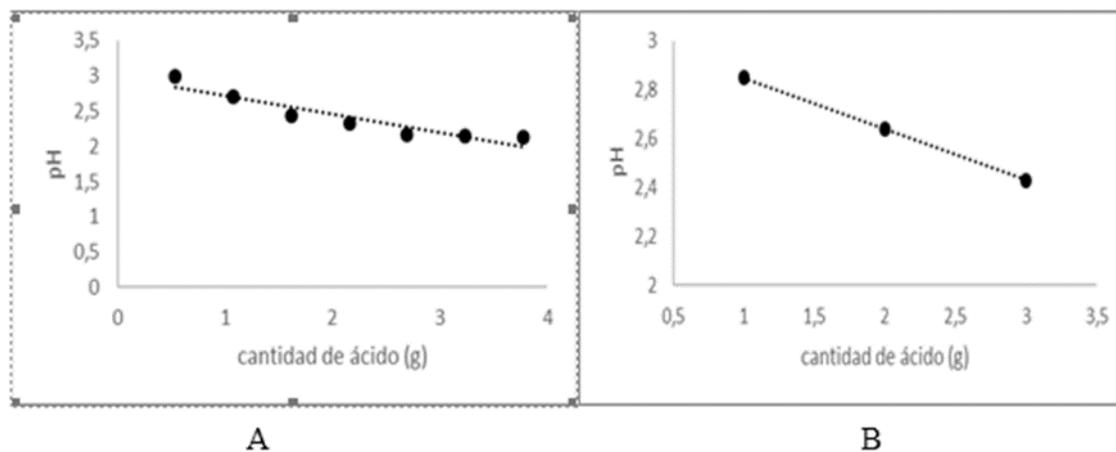
En la figura 1 (A y B) se aprecia un comportamiento lineal y ascendente, lo que demuestra que con el aumento de la dosis de ácido aumenta la concentración de azúcares reductores y por tanto se logra un mayor nivel de inversión de sacarosa. El ácido cítrico garantiza que el producto final no cristalice a lo largo de un período de tiempo determinado. Las muestras de sirope con una acidez más elevada presentan un mayor contenido de azúcares reductores, debido a que un aumento en la concentración de iones hidronio, favorece la hidrólisis de la sacarosa. <sup>(2)</sup> Sin embargo, los azúcares reductores tienden a reducir su concentración cuando aumenta la concentración del ácido, formando compuestos tóxicos, ya que la hidrólisis continúa hasta generar productos como hidroximetilfurfural y furfural, que pueden tener alta incidencia en la reducción del porcentaje de azúcares reductores y sobre los procesos fermentativos.<sup>(11)</sup>

En las preparaciones de sirope estudiadas existe una relación lineal entre las variables analizadas. Después de 45 días de almacenamiento no se apreció cristalización, coincidiendo con lo informado en la literatura.<sup>(11)</sup>

## Determinación del pH

El valor de pH es una de las variables que da información acerca de la calidad del producto terminado y se emplea como indicador del tiempo de almacenamiento

del sirope. La acidez indica que los componentes están en proporciones adecuadas dentro de los límites de aceptación y que propiedades como sabor y olor son las esperadas.<sup>(10)</sup>



**Fig. 2** -Variación del pH de las soluciones con el incremento de la concentración de ácido cítrico. A: muestras que no presentan jarabe de fructuosa, B: muestras con jarabe de fructuosa

Las figuras 2 (A y B) muestran la variación del pH con el incremento de la concentración de ácido cítrico. Como era esperado, al incrementar la cantidad de ácido añadida se aprecia una disminución del valor del pH de las muestras evaluadas. Todos los valores determinados se encontraron en un intervalo entre 2,1- 3,0. Estos constituyen resultados favorables ya que la inversión total de la sacarosa se obtiene a valores de pH entre 2,0-3,0. A valores de pH 4 y 5 el porcentaje de azúcares reductores es mínimo, evidenciando un menor porcentaje de inversión.<sup>(12)</sup>

Todo producto que presente un  $\text{pH} \leq 2$  es considerado como corrosivo. Las muestras evaluadas cumplen con el límite permisible por las normas internacionales, pero muy cercanos al límite de corrosión, lo cual pudiera ocasionar daños a la salud del ser humano, tales como enfermedades estomacales, gastritis, entre otras <sup>(6)</sup>. Estos resultados motivan la necesidad de

evaluar la disminución de la dosis de ácido cítrico a añadir en el proceso productivo del sirope.

### Determinación de los sólidos insolubles

Las tablas 4 y 5 muestran los valores de los sólidos insolubles en las preparaciones evaluadas.

**Tabla 4-** Valores de los sólidos insolubles de las muestras de sirope que no presentan jarabe de fructosa

Nº muestra	Cantidad de ácido (g)	Sólidos Insolubles ± DS
1	0,539	4,692 ± 0,021 (a)
2	1,078	5,107 ± 0,022 (a)
3	1,617	4,766 ± 0,016 (a)
4	2,156	3,802 ± 0,014 (b)
5	2,696	3,963 ± 0,018 (b)
6	3,237	3,771 ± 0,022 (b)
7	3,774	2,799 ± 0,022 (c)

Los datos reportados son representativos de 3 experimentos independientes. Los valores corresponden a la media ± DS. La significación estadística de los datos se definió mediante la prueba de ANOVA. Para las comparaciones múltiples se utilizó la prueba de Múltiples Rangos (método de Duncan). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas para  $\alpha = 0,05$ .

**Tabla 5-** Valores de los sólidos insolubles de las muestras de sirope que presentan jarabe de fructosa

Nº muestra	Cantidad de ácido (g)	Sólidos Insolubles ± DS
1 AF	0,539	4,543 ± 0,023 (a)
2 AF	1,078	4,947 ± 0,022 (b)
3 AF	1,617	4,918 ± 0,019 (b)

Los datos reportados son representativos de 3 experimentos independientes. Los valores corresponden a la media ± DS. La significación estadística de los datos se definió mediante la prueba de ANOVA. Para las comparaciones múltiples se utilizó la prueba de Múltiples Rangos (método de Duncan). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas para  $\alpha = 0,05$ .

En la tabla 4 se aprecia que a medida que se incrementa la cantidad de ácido añadido disminuye la cantidad de sólidos insolubles determinados en las muestras, encontrándose diferencias significativas entre los valores determinados. Un resultado similar fue determinado en las muestras que contienen sirope de

fructosa (tabla 5). Este comportamiento pudiera estar relacionado a que con el incremento de la cantidad de ácido añadido exista una mayor extensión de la hidrólisis de las muestras evidenciándose en una disminución de los sólidos insolubles.

### **Análisis de la calidad sensorial de las muestras preparadas**

Las muestras preparadas para ser evaluadas presentaron un olor y una apariencia característica, teniendo en cuenta la materia prima empleada (azúcar refino B y jarabe de fructosa). Dada la necesidad de determinar que preparación tiene un sabor más agradable al paladar se empleó el método de Kendall, de acuerdo al criterio de los expertos, y de esta forma evaluar la posibilidad de disminuir la cantidad de ácido cítrico que se añade en la elaboración del sirope. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6-** Resultados obtenidos en la encuesta al panel de expertos en muestras que no contienen jarabe de fructosa

K	Ácido cítrico (g)	Criterio de los expertos							Ri	Δ	Δ <sup>2</sup>	Ki
		1	2	3	4	5	6	7				
1	0,539	7	6	7	6	4	7	7	44	16	256	0,22
2	1,078	6	5	6	7	5	6	4	39	11	121	0,20
3	1,617	5	7	5	5	6	4	6	38	10	100	0,19
4	2,156	4	4	4	4	7	5	5	33	5	25	0,17
5	2,696	3	2	3	3	3	3	3	20	-8	64	0,10
6	3,237	2	3	2	1	2	2	2	14	-14	196	0,07
7	3,774	1	1	1	2	1	1	1	8	-20	400	0,04
									<b>196</b>		<b>1162</b>	<b>1</b>

Del procesamiento de los datos se obtiene el coeficiente de Kendall

$$W = \frac{12 \times 1162}{7^2 \times (7^3 - 7)} = 0,847$$

Al tomar el coeficiente de Kendall un valor superior a 0,5 (W=0,847) queda demostrado que existe concordancia entre los expertos y por tanto los resultados

obtenidos son válidos. A continuación, se ofrece la ubicación en el mismo orden de importancia que lo determinaron los expertos:

Muestra 1 con 0,539 g de ácido cítrico.

Muestra 2 con 1,078 g de ácido cítrico.

Muestra 3 con 1,617g de ácido cítrico.

Muestra 4 con 2,156 g de ácido cítrico.

Muestra 5 con 2,696 g de ácido cítrico.

Muestra 6 con 3,237 g de ácido cítrico.

Muestra 7 con 3, 774 g de ácido cítrico.

Una evaluación similar se realiza a las preparaciones que fueron elaboradas con jarabe de fructosa, los resultados se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7-** Resultados obtenidos al aplicar encuesta al panel de expertos con muestras que contienen jarabe de fructosa

K	Característica	Criterio de los expertos							Ri	Δ	Δ <sup>2</sup>	Ki
		1	2	3	4	5	6	7				
1	A+F 0,539 g de ácido cítrico.	2	3	3	3	3	3	2	19	5	25	0,45
2	A+F 1,078 g de ácido cítrico.	3	2	2	2	2	1	3	15	1	1	0,36
3	A+F 1,617 g de ácido cítrico.	1	1	1	1	1	2	1	8	-6	36	0,09
									42		62	1

Determinación del coeficiente de Kendall

$$W = \frac{12 \times 62}{7^2 \times (3^3 - 3)} = 0,633$$

El coeficiente de Kendall obtenido es mayor que 0,5 (W=0,633) por lo que existe concordancia entre los expertos y sus resultados son válidos, a continuación, se ofrece la ubicación en el orden de importancia que determinaron los expertos:

Muestra 1 de jarabe de fructuosa con 0,539 g de ácido cítrico.

Muestra 2 de jarabe de fructuosa con 1,078 g de ácido cítrico.

Muestra 3 de jarabe de fructuosa con 1,617 g de ácido cítrico.

En ambos casos la variante número uno es la de mayor importancia para los expertos, lo cual constituye un resultado muy favorable, ya que se puede disminuir la cantidad de ácido cítrico que se adiciona en el proceso. Con una cantidad de 0, 539 g de ácido cítrico se logra la obtención de un sirope de gran aceptación por los expertos, con un ahorro de ácido cítrico y un mejor sabor en el producto final.

### **Valoración económica**

Al ser seleccionada por los expertos la preparación 1 (contiene azúcar refino B) como la de mejores resultados y la misma presentar la menor cantidad de ácido, se realiza un análisis de los beneficios que traería para la industria su fabricación. El precio unitario del ácido cítrico, único producto involucrado en el análisis es de 11 CUC/kg. Para la producción de una templa (1035 L de sirope) se añaden 7 kg de ácido cítrico (77 CUC), con la disminución de la cantidad de ácido a añadir a 1kg el valor de la inversión inicial sería de 11 CUC, lo cual es favorable desde el punto de vista económico pues se obtendría mayores ganancias para la industria. Al disminuir la cantidad de ácido de 7 kg a 1 kg la industria ahorraría 66 CUC/templa.

### **Conclusiones**

Se estudiaron diez muestras de sirope con 2 variantes de preparación y diferentes concentraciones de ácido cítrico. La cantidad de ácido en las muestras analizadas solo influye en la concentración de azúcares reductores y en el pH de las soluciones, los sólidos disueltos e insolubles no dependen de la dosis de ácido

añadida. Mediante la evaluación sensorial de las muestras, se determinó por el panel de expertos que la de menor cantidad de ácido cítrico es la de mejor gusto al paladar. Con estos resultados se realizó una evaluación económica preliminar y se determinó que con la disminución del contenido de ácido cítrico en el proceso se lograría una disminución del costo de producción del sirope. Se obtendría además un sirope de mayor calidad, con menores efectos perjudiciales a la salud humana.

## Referencias bibliográficas

1. PEÑA, A. *Evaluación del proceso de obtención de jarabes a partir de mieles de caña panelera*. [Tesis de Doctorado]. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Colombia, 2017.
2. RIVERA, M, *et. al.* Caracterización fisicoquímica de los siropes comerciales preparados a base de sacarosa. *Revista electrónica Tecnología en marcha. Costa Rica*, 4. 2016. ISSN: E 2215-3241
3. SÁNCHEZ, E. *Obtención de jarabe azucarado mediante hidrólisis enzimática a partir de la yuca (Manihot esculenta)*. [Tesis de grado] Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad Agraria de Ecuador, 2020.
4. GOMEZ, L. *Estabilización estructural y funcional de enzimas hidrolíticas de interés industrial*. [Tesis de Doctorado]. Universidad de Matanzas, Cuba, 2016.
5. GÓMEZ, L. Orozco J, Ramírez H, Yll M, Díaz S, Michelena G. Comparison of economic indicators of the sucrose acid inversion or by enzymatic hydrolysis. *Bioteología Aplicada*. 2017, **34** (4): 4401-4404. ISSN: 1027-2852
6. ALTAMAR, T., Castro Y., Blanco D. Elaboración de un sirope a partir del yacón (*Smallantus Sonchifolius*) como alternativa de endulzante natural. *GIPAMA 1*: enero-diciembre 2019, 233-239. ISSN 2665-4598
7. MACU, Manual de métodos analíticos para azúcar crudo. Ministerio del Azúcar 2007.

8. BERNFELD, P. Amylases alpha and beta. *Methods Enzymology*. 1955, 1, 149-158. ISSN 0076-6879
9. SOLÍS, J., Calleja, Z.K. & Duran, B.M. Desarrollo de jarabes fructosados de caña de azúcar a partir del guarapo. Xalapa, Veracruz: Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana, **25**(5). 2010. ISSN 0186-6036
10. GARRIDO, K. El uso de placas clarificantes SA-395 y BK-1500 en el proceso de filtración de sirope, para la elaboración de refresco. [Tesis de grado] Facultad de Ingeniería Química. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba. 2016
11. ERENA, Flor María. *Obtención de jarabes azucarados a partir de la hidrólisis química de residuos de cáscaras de naranja para ser empleados como endulcorantes en la industria de alimentos*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional abierta y a distancia "UNAD", Colombia. 2016
12. KIS, F., Maravić, N., Kertész, S., Šereš, Z. Life cycle assessment of liquid inverted sugar and highfructose corn syrup. *Analecta Technica Szegedinensia*. 2019. **3** (1): 28-39. ISSN 2064-7964

### **Conflictos de interés**

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses

### **Contribución de los autores**

Leissy Gómez-Brizuela: trabajo en el diseño de la investigación y en el análisis de los resultados. realizó la escritura del artículo.

Wendy Vázquez-Sotolongo: participó en el diseño del trabajo y en la realización de los experimentos. Colaboró con el análisis de los resultados.

Héctor Luis Ramírez-Pérez: Participó en el diseño del trabajo y en la realización de los experimentos. Colaboró con el análisis de los resultados y en la revisión del artículo.

Jesús Luis-Orozco: realizó el diseño del trabajo. Colaboró en el análisis y revisión de los resultados.

Jonathan Serrano Febles: realizó el procesamiento de los resultados con el Software Statgraphics Centurion XVI.II, así como en el análisis de los mismos.