

INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DEL MOSTO Y TIPO DE FERMENTACIÓN EN EL GRADO ALCOHÓLICO DE VINOS DE CARAMBOLA

Orlando Vargas^{1*}, Daliannis Rodríguez², Gretel Dovale³, Madelay Valdés⁴ y Mario A. García²

¹LEFERSA. Cuba Libre No. 1, Santa Cruz del Norte, Mayabeque, Cuba.

²Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana. CP 13600, La Habana, Cuba.

³Planta Paraíso, Grupo Empresarial Labiofam. Ave. Independencia km 8 ½, La Habana, Cuba.

⁴Ronera Santa Cruz. Cuba Libre No. 1, Santa Cruz del Norte, Mayabeque, Cuba.

E-mail: orlandovargasblanco@gmail.com

RESUMEN

Se evaluó la influencia de la composición del mosto y tipo de fermentación en el grado alcohólico de vinos de carambola (*Averrhoa carambola* L.). Para un mismo tipo de fermentación, el mayor grado alcohólico se obtuvo para la variante de vino con inoculación del mosto de mayor porcentaje de sólidos solubles. Existió una correlación positiva entre la formación de dióxido de carbono y disminución del contenido de sólidos solubles durante el proceso de fermentación, cuyos comportamientos se ajustaron a modelos polinomiales de orden tres con altos valores de coeficientes de determinación.

Palabras clave: carambola, *Averrhoa carambola*, vino de fruta, fermentación, mosto, grado alcohólico.

ABSTRACT

Influence of must composition and fermentation type on the alcoholic degree of star fruit wines

It was evaluated the influence of the must composition and fermentation type on the alcoholic degree of star fruit (*Averrhoa carambola* L.) wines. It was observed, for the same type of fermentation, a bigger alcoholic degree of the variants of wine with the bigger initial soluble solids content of the must. The biggest alcoholic degree was obtained for the variant of wine with inoculation of the must of more soluble solids percentage. A positive correlation existed between the formation of carbon dioxide and decrease of the soluble solids content during the fermentation process, whose behaviors were adjusted to polynomial models of third order with high values of determination coefficients.

Keywords: star fruit, *Averrhoa carambola*, fruit wine, fermentation, must, alcoholic degree.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de vinos de frutas constituye una alternativa para el desarrollo agroindustrial y contribuye a disminuir las pérdidas poscosecha y abrir un nuevo mercado con mayores beneficios económicos para los productores (1). Por otra parte, los vinos de frutas son productos estables y duraderos a temperatura ambiente (2).

Según la Asociación de la Industria de la Sidra y el Vino de Frutas de la Unión Europea, un vino de frutas es una bebida alcohólica obtenida por fermentación

***Orlando Vargas Blanco:** Licenciado en Ciencias Alimentarias (2012). Master en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (2016). Se ha desempeñado como Especialista de Gestión de Calidad en el mantenimiento y propagación de cepas de levadura para fermentación alcohólica en la Ronera Santa Cruz (Mayabeque, Cuba). Actualmente labora en la fábrica de levadura panadera LEFERSA (Mayabeque). Su área de investigación está relacionada con el empleo de cepas de levadura para la fermentación alcohólica.

completa o parcial del jugo de pulpa fresco, concentrado o reconstituido de frutas comestibles, distintas a la uva, con o sin la adición de agua, azúcar o miel. Debe tener una graduación alcohólica entre 8 y 14 % (v/v) (3).

En este sentido, el fruto de la planta *Averrhoa carambola* L., denominado popularmente en Cuba como ciruela china o carambola, es una fruta tropical de la familia *Oxalidaceae* (4), con excelentes características como materia prima para la fermentación con *Saccharomyces cerevisiae* para obtener una bebida alcohólica de buena aceptación (5). Además, la mayor parte de su producción se comercializa como fruta fresca y solo una pequeña parte se destina al procesamiento (1).

En el presente trabajo se evaluó la influencia del contenido de sólidos solubles del mosto y tipo de fermentación en el grado alcohólico de vinos de carambola, así como el comportamiento de la formación de dióxido de carbono y disminución del contenido de sólidos solubles durante microvinificaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las frutas se cosecharon de manera que todas presentaran una coloración amarilla en la totalidad de su superficie (6), momento óptimo para la preparación de mostos (7). Se determinaron sus contenidos de sólidos solubles, humedad, cenizas, proteínas (8), fibra dietética total, ácido ascórbico, acidez valorable, pH, dimensiones y masa (9).

Se evaluaron dos concentraciones de sólidos solubles en los mostos (18 y 20 °Brix) y tipo de fermentación en relación al empleo o no de un inóculo (Tabla 1). El contenido de sólidos solubles de los mostos se ajustó con azúcar morena disuelta de forma que la relación carambola/disolución azucarada fuera 1 g por cada 4 mL (6). El contenido de sólidos solubles se determinó mediante el método refractométrico (10).

Todas las fermentaciones se realizaron a un volumen de 5 L de mosto suplementado con extracto de levadura y $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ a 0,2 y 0,1 g/L, respectivamente. El pH de los mostos se ajustó a 4,0 para garantizar el óptimo desarrollo de la fermentación alcohólica (11). Para las fermentaciones inoculadas se empleó una cepa de *S. cerevisiae* crecida por 18 h a 30 °C en 50 mL de caldo extracto de levadura, glucosa y peptona. La levadura húmeda se adicionó en una proporción de 0,18 g/L de mosto.

Para finalizar la fermentación, se tomaron como criterios la disminución del contenido de sólidos solubles (6) y disminución casi total del burbujeo. Posteriormente, se realizó un trasiego y adición de NaHSO_3 a 100 mg/L (11). Los mostos se filtraron a vacío con una placa Carson Mod. NA 70 k con un tamaño de poro entre 1 y 2 μm . Los vinos se embotellaron en frascos ámbar de 1 L, previamente lavados con una disolución de NaHSO_3 al 1 % (m/v) y enjuagados con abundante agua osmotizada. Se determinaron el grado alcohólico (12), la densidad mediante el método del picnómetro (13) y el pH.

Para evaluar, por triplicado, los comportamientos de la formación de dióxido de carbono y disminución del contenido de sólidos solubles mediante microvinificaciones con un volumen de mosto de 100 mL, se seleccionaron las condiciones de la fermentación a partir de las condiciones anteriores y se procedió a la elaboración de dos variantes de vino (VC_1 y VC_2) en relación al tipo de mosto (jugo filtrado y pulpa de carambola, respectivamente). Para ambas variantes se mantuvieron fijos todos los restantes parámetros.

Se monitoreó el desarrollo de la fermentación mediante la pérdida de masa (14). Se estableció el fin de la fermentación cuando la diferencia entre dos mediciones consecutivas fue menor de 0,03 g. La disminución progresiva de la masa del sistema mosto-fermentador debida al escape del CO_2 formado durante la fermentación

Tabla 1. Variantes de vino

Variante	Fermentación	Sólidos solubles del mosto (°Brix)
1	Espontánea	18
2		20
3	Con inoculación	18
4		20

se registró diariamente. Los datos se ajustaron a modelos matemáticos que describieran dichos comportamientos mediante el programa SPSS (ver. 22, Corporación IBM, EE.UU.). También se comprobó la existencia de correlación entre ambos indicadores del proceso fermentativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de sólidos solubles de las carambolas (Tabla 2) resultó inferior a los reportados (8). Las diferencias pudieron deberse a la variedad o a un menor estado de madurez (7). No obstante, se reportaron valores de sólidos solubles totales inferiores a 5 °Brix para los estados finales de desarrollo (15). La acidez resultó inferior a 0,6 %, valor aproximado informado para frutas con diferentes estados de madurez (7). El pH fue similar al obtenido para una coloración amarilla del fruto del 75 % (pH= 3,12), lo cual puede indicar un estado avanzado de maduración. Presentaron un bajo contenido de proteínas, característico de la especie (11) y que

permite su uso en la elaboración de vinos (7), ya que este es uno de los factores que más incidencia tiene en los fenómenos de turbidez (16). El contenido de ácido ascórbico resultó superior al reportado (17), a la vez que se encontró con el rango entre 26 y 53,1 mg/g (7).

La Tabla 3 presenta los valores de densidad, grado alcohólico y pH en relación con el contenido de sólidos solubles del mosto y tipo de fermentación. El análisis de varianza para estas determinaciones evidenció la existencia de diferencias ($p \leq 0,05$) entre las variantes de vino, particularmente en su grado alcohólico. Las variantes con inoculación presentaron un grado alcohólico superior ($p \geq 0,05$) a sus homólogas no inoculadas, debido al empleo de una levadura seleccionada a concentraciones elevadas desde el inicio de la fermentación (3). En el caso de las fermentaciones espontáneas, otros microorganismos como levaduras *non-Saccharomyces* y bacterias, pueden consumir los nutrientes que de otra manera serían utilizados por *S. cerevisiae* para el aumento de biomasa (11, 18, 19).

Tabla 2. Indicadores físicos y químicos de las carambolas para la elaboración de los vinos (n= 3)

Indicador	Media (Desviación estándar)
Largo (mm)	78 (5)
Calibre (mm)	42 (1)
Masa (g)	65 (2)
Sólidos solubles (°Brix)	6,60 (0,05)
Humedad (% m/m)	89,95 (4)
Cenizas (%)	0,48 (0,04)
Proteínas (%)	0,31 (0,01)
Fibra total (%)	4,32 (0,03)
Vitamina C (mg/g)	49,2 (0,02)
Acidez (% m/m de ácido cítrico)	0,3 (0,01)
ph	3,20 (0,04)

Tabla 3. Efecto del tipo de fermentación y contenido de sólidos solubles del mosto sobre la densidad, grado alcohólico y pH de los vinos

Variante	Densidad (g/mL)	Grado alcohólico (°GL)	pH
1	0,9998 (0,0002) a	5,950 (0,005) d	3,10 (0,01) c
2	0,9959 (0,0001) b	8,930 (0,003) c	3,28 (0,03) b
3	0,9948 (0,0003) b	9,032 (0,001) b	3,26 (0,03) b
4	0,9922 (0,0007) c	12,111 (0,005) a	3,55 (0,05) a

Letras distintas indican diferencia significativa para $p \leq 0,05$.

El menor grado alcohólico, en este caso, el de la variante 1, pudo estar relacionado con un fallo de la fermentación debido a la insuficiencia de nutrientes (7), mientras que el mayor ($p \leq 0,05$) grado alcohólico correspondió a la variante 4 (Inoculación/20 °Brix), la cual presentó un valor de 12,11 °GL, similar al de un vino de mesa (20), lo cual está en correspondencia con lo reportado sobre la influencia del tipo de fermentación, de modo que con el empleo de las levaduras nativas de la carambola se obtuvieron vinos con un menor grado alcohólico ($p \geq 0,05$).

También se observó que, para un mismo tipo de fermentación, mientras mayor fue el contenido inicial de sólidos solubles del mosto, mayor resultó el grado alcohólico de las variantes de vino. El tiempo transcurrido hasta el inicio de la fermentación tumultuosa fue de 48 h en las variantes con fermentación espontánea, mientras que para las variantes con inoculación este tiempo se acortó a 4 h.

Por su parte, las diferencias entre las densidades estuvieron relacionadas con la variación del grado alcohólico. Los valores de pH entre 3,10 y 3,55 con diferencias ($p \geq 0,05$) entre los tratamientos, resultaron similares a los de vinos de naranja (11) y uva (20). El pH más bajo correspondió a la variante 1 (18 °Brix/sin inoculación), lo cual está relacionado con la producción de ácidos orgánicos por bacterias y levaduras presentes de forma natural en el mosto (18, 21). Estos microorganismos predominan al inicio de la fermentación, antes de que diferentes condiciones favorezcan a las levaduras de la especie *S. cerevisiae* (22).

Teniendo en cuenta que el mayor grado alcohólico se obtuvo para la variante de vino con inoculación del mosto con un mayor porcentaje de sólidos solubles, se seleccionaron estas condiciones (inoculación/20 °Brix) para el resto de las vinificaciones.

La mayor producción de CO_2 durante las microvinificaciones se produjo durante los primeros 4 d, siendo más lenta entre los 4 y 11 d, con menor desprendimiento de gas. La fermentación culminó a los 12 d, momento en el que la masa de dióxido de carbono obtenida (~3,7 g) resultó similar a la de la medición anterior. En la producción de ambas variantes de vino (VC_1 y VC_2), se observó un comportamiento similar en cuanto a la formación de CO_2 durante la fermentación y que se ajustó a un modelo polinomial de orden tres, con coeficientes de determinación de 0,994 y 0,995 para las variantes VC_1 y VC_2, respectivamente, lo cual indica que el modelo describe eficientemente la relación entre las dos variables en estudio (Fig. 1).

Después del cuarto día de fermentación, la disminución de los sólidos solubles fue más lenta, sin diferencias ($p > 0,05$) a partir del noveno día, lo cual pudiera ser un indicador del final de la fermentación. De forma análoga, se informó un contenido de sólidos solubles de 7 °Brix al final de la fermentación en vinos de mora, aunque la duración de la fermentación fue entre 18 y 22 d (23).

Tanto la formación de CO_2 como la disminución del contenido de sólidos solubles durante la fermentación, se ajustaron a los siguientes modelos polinomiales de orden tres (Fig. 2) con coeficientes de determinación entre 0,996 y 0,997.

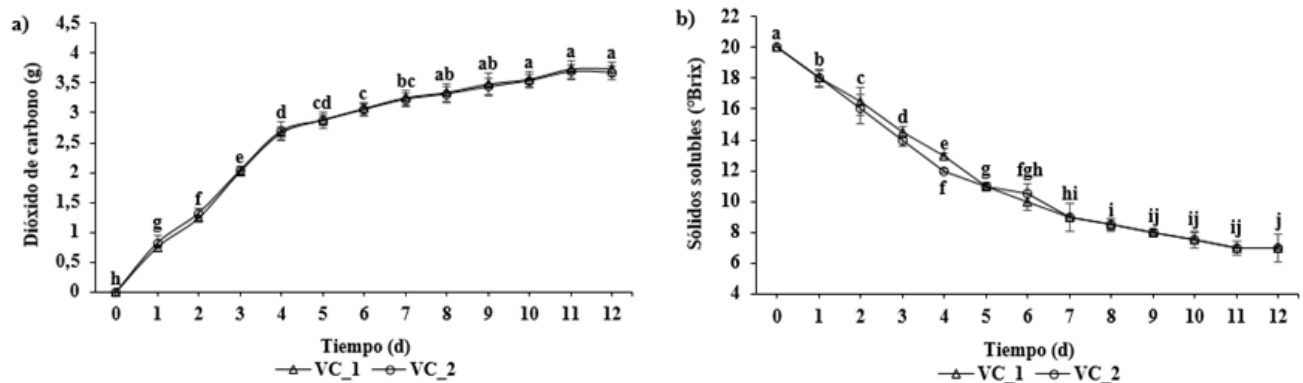


Fig. 1. Formación de dióxido de carbono y comportamiento del contenido de sólidos solubles durante el proceso de fermentación de los mostos de carambola a 20 °Brix y pH 4,0. Las barras de error indican la desviación estándar (n = 3). Letras diferentes indican diferencia significativa para $p \leq 0,05$.

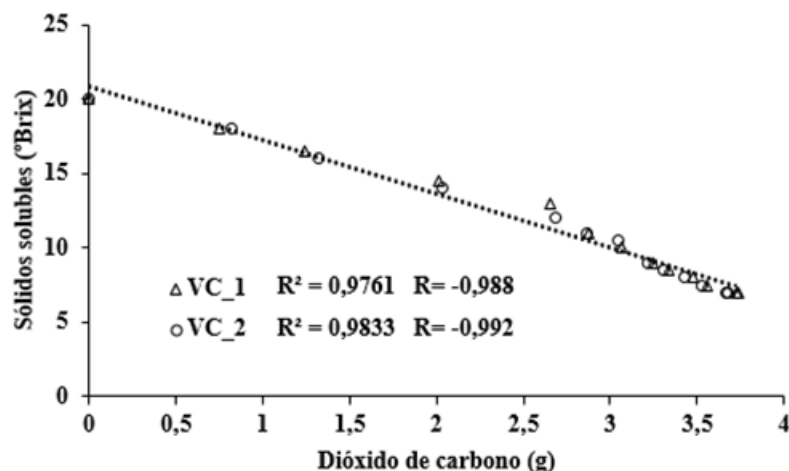


Fig. 2. Correlación de Pearson entre la formación de dióxido de carbono y disminución de los sólidos solubles durante el proceso de fermentación vínica para la obtención de los vinos VC_1 y VC_2.

Para la disminución del contenido de sólidos solubles:

$$VC_1: y = 0,0007x^3 + 0,0815x^2 - 2,1716x + 20,15$$

$$R^2 = 0,998$$

$$VC_2: y = -0,0034x^3 + 0,1572x^2 - 2,5069x + 20,172$$

$$R^2 = 0,997$$

Para la formación de CO₂:

$$VC_1: y = 0,0023x^3 - 0,0751x^2 + 0,8781x - 0,0326$$

$$R^2 = 0,994$$

$$VC_2: y = 0,003x^3 - 0,0879x^2 + 0,9409x - 0,0499$$

$$R^2 = 0,995$$

Durante el proceso de fermentación existió una correlación entre la producción de CO₂ y disminución del contenido de sólidos solubles. Los valores modulares de

los coeficientes de correlación de 0,988 y 0,992 para las variantes de vino VC_1 y VC_2, respectivamente, indicaron una intensa correlación entre las variables, mientras que su signo negativo expresó que el contenido de dióxido de carbono es inversamente proporcional al de sólidos solubles durante la fermentación.

CONCLUSIONES

Para un mismo tipo de fermentación, el mayor grado alcohólico se obtuvo para la variante de vino con inoculación del mosto de mayor porcentaje de sólidos solubles. Existió una correlación positiva entre la formación de dióxido de carbono y disminución del contenido de sólidos solubles durante el proceso de fermentación, cuyos comportamientos se ajustaron a modelos polinomiales de orden tres con altos valores de coeficientes de determinación.

REFERENCIAS

1. Bridgebassie V, Badrie N. Effects of pectolase concentration and yeast strains on carambola wine quality in Trinidad, West Indies. *Fruits* 2004; 59:131-40.
2. Cassano A, Drioli E, Galaverna G, Marchelli R, Di Silvestre G, Cagnasso P. Clarification and concentration of citrus and carrot juices by integrated membrane processes. *J Food Eng* 2003; 57:153-63.
3. Salvatierra S. Influencia de la proporción de fruta en el color, composición fenólica y actividad antioxidante de vinos de mora y manzana de Ecuador (tesis de maestría). Pamplona: Universidad Pública de Navarra; 2011.
4. Narain N, Bora PS, Holschuh HJ, Vasconcelos MA. Physical and chemical composition of carambola fruit (*Averrhoa carambola* L.) at three stages of maturity. *Cienc Tecnol Alim* 2001; 3:144-8.
5. García M, Moreno W. Obtención de una bebida fermentada tipo vino a partir de la pulpa de tamarindo chino (*Averrhoa carambola* L.) (tesis de grado). Canoabo: Universidad Nacional Experimental «Simón Rodríguez»; 2003.
6. Belén-Camacho DR, Cedeño C, López I, Moreno MJ, García D, Medina C. Características fisicoquímicas y propiedades funcionales de la biomasa residual de la fermentación alcohólica de tamarindo chino (*Averrhoa carambola* L.). *Interciencia* 2011; 36(9):682-8.

7. Vallejo RJ. Estudio tecnológico para la elaboración de vino de carambola (*Averrhoa carambola*) (tesis de grado). Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial; 2011.
8. Tello O, García R, Vásquez O. Conservación de *Averrhoa carambola* L. «carambola» por azúcar y calor. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria 2002; 2(1):49-58.
9. Martínez BE. Análisis bromatológico del carambolo (*Averrhoa carambola* L.) y determinación de su capacidad antioxidante (tesis de grado). Veracruz: Universidad Veracruzana; 2011.
10. NC 707. Bebidas alcohólicas. Determinación del contenido de sólidos solubles. Segunda edición. Cuba; 2013.
11. Ferreyra MM. Estudio del proceso biotecnológico para la elaboración de una bebida alcohólica a partir de jugo de naranjas (tesis doctoral). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 2006.
12. NC 790. Bebidas alcohólicas. Determinación del grado alcohólico. Métodos de referencia. Cuba; 2010.
13. NC 83-15-5. Vinos. Determinación de la densidad relativa y absoluta. Métodos de ensayo. Cuba; 1984.
14. Capece A, Romaniello R, Siesto G, Pietrafesa R, Massari C, Poeta C, Romano P. Selection of indigenous *Saccharomyces cerevisiae* strains for Nero d'Avola wine and evaluation of selected starter implantation in pilot fermentation. Int J Food Microbiol 2010; 144:187-92.
15. Palacios CA, Rodríguez E. Evaluación de la aplicación de atmósfera modificada en la conservación de la carambola (*Averrhoa carambola* L.) (tesis de grado). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas 'SINCHI'; 2001.
16. Olivero RE, Aguas Y, Cury K. Evaluation of effect of various strains of yeast (Montrachet, K1-V1116, EC-1118, 71B-1122 y IVC-GRE) and clearer on the sensory attributes orange wine (*Citrus sinensis*). Rev Colomb Biotecnol 2011; XIII(1):163-71.
17. Oliveira G. Capacidad antioxidante de *Averrhoa carambola* (carambola) frente a sistemas generadores de radicales libres (tesis de maestría). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.
18. Arroyo-López FN, Orliæ S, Querol A, Barrio E. Effects of temperature, pH and sugar concentration on the growth parameters of *Saccharomyces cerevisiae*, *S. kudriavzevii* and their interspecific hybrid. Int J Food Microbiol 2009; 131:120-7.
19. Fleet GH. Yeast interactions and wine flavour. Int J Food Microbiol 2003; 86:11-22.
20. Fernández V, Berradre M, Sulbarán B, Ojeda de Rodríguez G, Peña J. Caracterización química y contenido mineral en vinos comerciales venezolanos. Rev Fac Agron (Luz) 2009; 26:382-97.
21. Mesas JM, Alegre MT. The role of the microorganisms in winemaking. Cienc Tecnol Aliment 1999; 2(4):174-83.
22. López L. Monitorización molecular de la ecología levaduriforme de la uva al vino (tesis de maestría). Valladolid: Universidad de Valladolid; 2015.
23. Ocaña IA. Estudio del vino de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) elaborado a tres proporciones distintas de fruta: agua y tres niveles de dulzor (tesis de grado). Ambato: Universidad Técnica de Ambato; 2012.