

DESARROLLO DE UNA BEBIDA DEPORTIVA ISOTÓNICA A PARTIR DE JUGO DE PIÑA

Yanelis Ruiz^{1*}, Jesenia E. Rodríguez² y Mario A. García²

¹Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carr. al Guatao km 3 ½, La Habana, CP 19 200, Cuba.

²Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana, Calle 222 No. 2317, CP 13600, La Habana, Cuba.

E-mail: yrd92@hotmail.com

RESUMEN

Se desarrolló una bebida deportiva isotónica a partir de jugo de piña mediante un diseño de mezcla D-óptimo. A partir de la variación en la formulación del jugo de piña (34 a 64 %), agua destilada (34 a 64 %) y sacarosa (0 a 4 %), se evaluaron 14 corridas experimentales en cuanto a contenido de azúcares totales, osmolalidad y aceptación sensorial. Las bebidas con mayores porcentajes de sacarosa y jugo de piña produjeron los mayores valores ($p \leq 0,05$) de las variables de respuesta. Se obtuvo una bebida deportiva isotónica optimizada compuesta por jugo de piña (34,0 %; 628 mOsm/kg); agua destilada (62,8 %); sacarosa (3,1 %) y NaCl (0,1 %; 20 mmol/L) que tuvo 7,7 % de azúcares totales, 328 mOsm/kg de agua y una aceptación sensorial de -me gusta ligeramente-.

Palabras clave: bebida deportiva isotónica, osmolalidad, jugo de piña, diseño de mezcla.

ABSTRACT

Development of an isotonic sports drink from pineapple juice

An isotonic sports drink was developed from pineapple juice by means of a D-optimal mixture design. From the variation in the formulation of pineapple juice (34 to 64 %), distilled water (34 to 64 %) and sucrose (0 to 4 %), 14 experimental runs were evaluated in terms of total sugars content, osmolality and sensory acceptance. Beverages with higher percentages of sucrose and pineapple juice produced the highest values of the response variables ($p \leq 0.05$). An optimized isotonic sports drink composed of pineapple juice (34.0 %, 628 mOsm/kg), distilled water (62.8 %), sucrose (3.1 %) and NaCl (0.1 %, 20 mmol/L) was obtained with 7.6 % of total sugars, 328 mOsm/kg of water and a sensory acceptance of -I like it slightly-.

Keywords: isotonic sports drink, osmolality, pineapple juice, mixture design.

INTRODUCCIÓN

Las bebidas deportivas isotónicas contienen agua, carbohidratos y electrolitos en concentraciones adecuadas para reponer las pérdidas producidas durante el ejercicio físico intenso y duradero; tienen una osmolalidad equivalente a la de la sangre (isotonicidad) para lograr una óptima velocidad de absorción en el intestino (1). Para su formulación, se recomienda entre 60 y 80 g/L de carbohidratos de alto índice glucémico (2); de 20 a 50 mmol/L de sodio y una osmolalidad entre 270 y 330 mOsm/kg de agua (3).

***Yanelis Ruiz Díaz:** Licenciada en Ciencias Alimentarias (Universidad de La Habana, 2015). Se encuentra matriculada en el programa de Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Actualmente labora en el Departamento de Envases del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia y participa en actividades docentes de pregrado en el Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana.

La mayoría de las bebidas deportivas comerciales contienen edulcorantes de alta intensidad, saborizantes y colorantes que han sido cuestionados por sus posibles daños a la salud de los consumidores. Como resultado de la demanda de productos naturales, se han desarrollado bebidas deportivas isotónicas a partir de leche de almendras (4), harina de plátano (5) y agua de coco (6). El empleo de este tipo de ingredientes es ventajoso porque añade sabor y color propios, tiene gran aceptación entre los consumidores y aporta nutrientes y fitoquímicos que enriquecen el producto (7). La piña (*Ananas comosus L. Merrill*) es una fruta tropical rica en ciertos minerales (potasio, magnesio y fósforo) y vitaminas (vitamina C); está disponible durante todo el año y es de sabor muy agradable (8).

En este contexto, se desarrolló una bebida deportiva isotónica a partir de jugo de piña con una adecuada aceptación sensorial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se elaboró un jugo de piña mediante la trituración (molinillo Grindomix GM 200, Alemania) y filtración de la pulpa de piñas sanas, maduras y peladas. Al jugo se le determinaron pH (9), sólidos totales (10), sólidos solubles (11), azúcares totales (12), contenido de sodio, potasio (13), vitamina C (14), coordenadas cromáticas (15) y osmolalidad (osmómetro de presión de vapor Wescor Vapro 5520, EE.UU.). Las coordenadas cromáticas corresponden al sistema CIELAB con referencia al Iluminante CIE D₆₅ y el observador de 10°.

Se realizó un diseño de mezcla D-Óptimo de modelo cuadrático con el programa Design Expert (ver. 8.0.6, 2010, Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.) para evaluar el efecto inducido por la variación de la concentración de jugo de piña (A: 628 mOsm/kg; 34 a 64 %), agua destilada (B: 68 mmol/kg; 34 a 64 %) y sacarosa (Uni-Chem International, India) (C: 0 a 4 %) sobre el contenido de azúcares totales (12), osmolalidad (osmómetro de presión de vapor Wescor Vapro 5520, EE.UU.) y aceptación sensorial de la bebida, de forma que la sumatoria de los ingredientes A, B y C fue 99,9 %. El resto de la mezcla fue NaCl (Uni-Chem International, India) a 20 mmol/L.

La aceptación sensorial de las bebidas se determinó mediante una prueba afectiva de nivel de agrado con 80 consumidores, con una escala hedónica verbal de nueve puntos desde -me gusta mucho-[9] hasta -me disgusta mucho- [1] (15).

Los intervalos de cada componente y concentración de NaCl fueron definidos en una sesión de grupo previa. La selección de las variables de respuesta y sus intervalos para la optimización se basó en las recomendaciones para este tipo de producto (2, 3). Para comprobar la validez de la optimización, se comparó el contenido de azúcares totales, osmolalidad y aceptación sensorial de la bebida optimizada con los valores estimados por el diseño. La Tabla 1 muestra las 14 corridas experimentales (seis puntos del modelo, cinco para estimar la falta de ajuste y tres réplicas).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El jugo de piña presentó características físicas, químicas y de composición (Tabla 2) similares a los estándares para este producto (16). Sin embargo, el contenido de sólidos solubles resultó bajo, si se considera que el *Codex Alimentarius* (17) establece un mínimo de 12,8 °Brix, aunque reconoce que puede diferir entre países debido a causas naturales.

El jugo de piña presentó una baja luminosidad (L*) debido a su turbidez. El alto valor de b* se relacionó con el color principal del jugo de piña y constituye una medida excelente de calidad (18). Otro jugo entero de piña presentó un tono más desplazado hacia el verde (a* = -3,6) (19).

Las osmolalidades de los jugos de frutas, aún preparados bajo las mismas condiciones, tienen una alta variabilidad, por lo que es un elemento crítico que debe ser cuidadosamente controlado para lograr la isotonicidad en la bebida deportiva.

La Tabla 3 muestra los resultados del contenido de azúcares totales, osmolalidad y aceptación sensorial de las bebidas. Su osmolalidad fue alta; solo las corridas 1, 5 y 13 fueron isotónicas o hipotónicas. Los consumidores prefirieron los tratamientos con mayor contenido de azúcares. Las bebidas con mayores porcentajes de sacarosa y jugo de piña presentaron los mayores valores ($p \leq 0,05$) de las variables de respuesta.

Del análisis de varianza de la regresión y ecuación del modelo para las variables de respuesta del diseño de mezcla (Tabla 4), se observa que, en todos los casos, en todos los casos, los modelos seleccionados resultaron significativos ($p < 0,0001$) y la prueba de falta de ajuste fue no significativa con respecto al error puro, lo que

Tabla 1. Matriz del diseño experimental

Corrida	A Jugo de piña (%)	B Agua destilada (%)	C Sacarosa (%)
1	35,900	64,000	0,000
2	41,483	56,483	1,933
3	43,300	52,600	4,000
4	52,600	43,300	4,000
5	34,000	64,000	1,900
6	64,000	35,900	0,000
7	64,000	35,900	0,000
8	61,900	34,000	4,000
9	48,967	48,967	1,967
10	54,633	45,267	0,000
11	34,000	61,900	4,000
12	48,967	48,967	1,967
13	45,267	54,633	0,000
14	48,967	48,967	1,967

Tabla 2. Características físicas, químicas y composición del jugo de piña (n= 3)

Parámetro	Media (desviación estándar)
pH	3,71 (0,03)
Sólidos totales (% m/m)	13,6 (0,4)
Sólidos solubles (°Brix)	9,0 (0,1)
Azúcares totales (% m/m)	13,4 (0,6)
Sodio (mg/100 g)	1,57 (0,01)
Potasio (mg/100 g)	131 (3)
Vitamina C (mg/100 mL)	12,2 (0,9)
L*	36 (1)
a*	7,30 (0,07)
b*	22,2 (0,4)
Osmolalidad (mmol/kg)	628 (9)

L*: luminosidad; a*: componente rojo-verde; b*: componente amarillo-azul.

Tabla 3. Contenido de azúcares totales, osmolalidad y aceptación sensorial de las bebidas

Corrida	Azúcares totales (%)	Osmolalidad (mmol/kg)	Aceptación sensorial
1	4,54	244	4,88
2	7,33	346	5,88
3	9,98	425	7,06
4	11,23	505	7,00
5	6,30	285	4,94
6	8,44	399	5,96
7	8,86	409	5,63
8	12,13	568	7,52
9	8,39	390	6,53
10	7,48	359	4,92
11	8,73	363	6,44
12	8,67	384	6,63
13	5,80	302	5,06
14	8,31	395	6,50

Tabla 4. Análisis de varianza de la regresión y ecuación del modelo para las variables de respuesta

Variable de respuesta	Modelo	<i>p</i> del modelo	<i>p</i> de la prueba de falta de ajuste	R ²	Ecuación del modelo ¹
Azúcares totales	Lineal	< 0,0001	0,7231	0,9917	0,1359 A – 0,0038 B + 1,0357 C
Osmolalidad	Polinomial reducido	< 0,0001	0,4370	0,9972	6,2288 A + 0,3120 B + 57,0538 C – 0,4072 BC
Aceptación sensorial	Lineal	< 0,0001	0,0634	0,8705	0,0727 A + 0,0323 B + 0,5143 C

¹en términos de componentes reales. A: jugo de piña; B: agua destilada; C: sacarosa.

indicó el buen ajuste de los modelos. Según los coeficientes de las ecuaciones, la sacarosa fue el componente de mayor influencia sobre las variables de respuesta.

Para el contenido de azúcares totales, el coeficiente de determinación (R²) indicó que el modelo ajustado explicó el 99,17 % de la variabilidad; la mezcla lineal fue significativa (*p* < 0,0001). Para la osmolalidad, el modelo polinomial reducido explicó el 99,72 % de la variabilidad.

La mezcla lineal (*p* < 0,0001) e interacción BC incidieron significativamente (*p* = 0,0004) sobre la osmolalidad; un aumento de sacarosa produjo un mayor aumento de la osmolalidad.

El R² del modelo lineal de la aceptación sensorial indicó que el modelo ajustado explicó el 87,05 % de la variación. La evaluación sensorial con consumidores es subjetiva, pues la respuesta está condicionada por elementos culturales, gustos personales, experiencias

pasadas, entre otros, lo que pudo ser la causa del menor ajuste del modelo. La mezcla lineal fue significativa ($p < 0,0001$) y la aceptación sensorial aumentó, fundamentalmente, con el aumento del porcentaje de sacarosa. La Fig. 1 presenta la influencia de la variación de los tres componentes sobre las variables de respuesta.

La Tabla 5 informa los criterios para la optimización numérica de la bebida. De las soluciones sugeridas por el programa, se seleccionó la bebida con 34,0 % de jugo de piña, 62,8 % de agua destilada y 3,1 % de sacarosa, pues se estima que tendrá la mayor aceptación sensorial y, además, presentó la mayor conveniencia

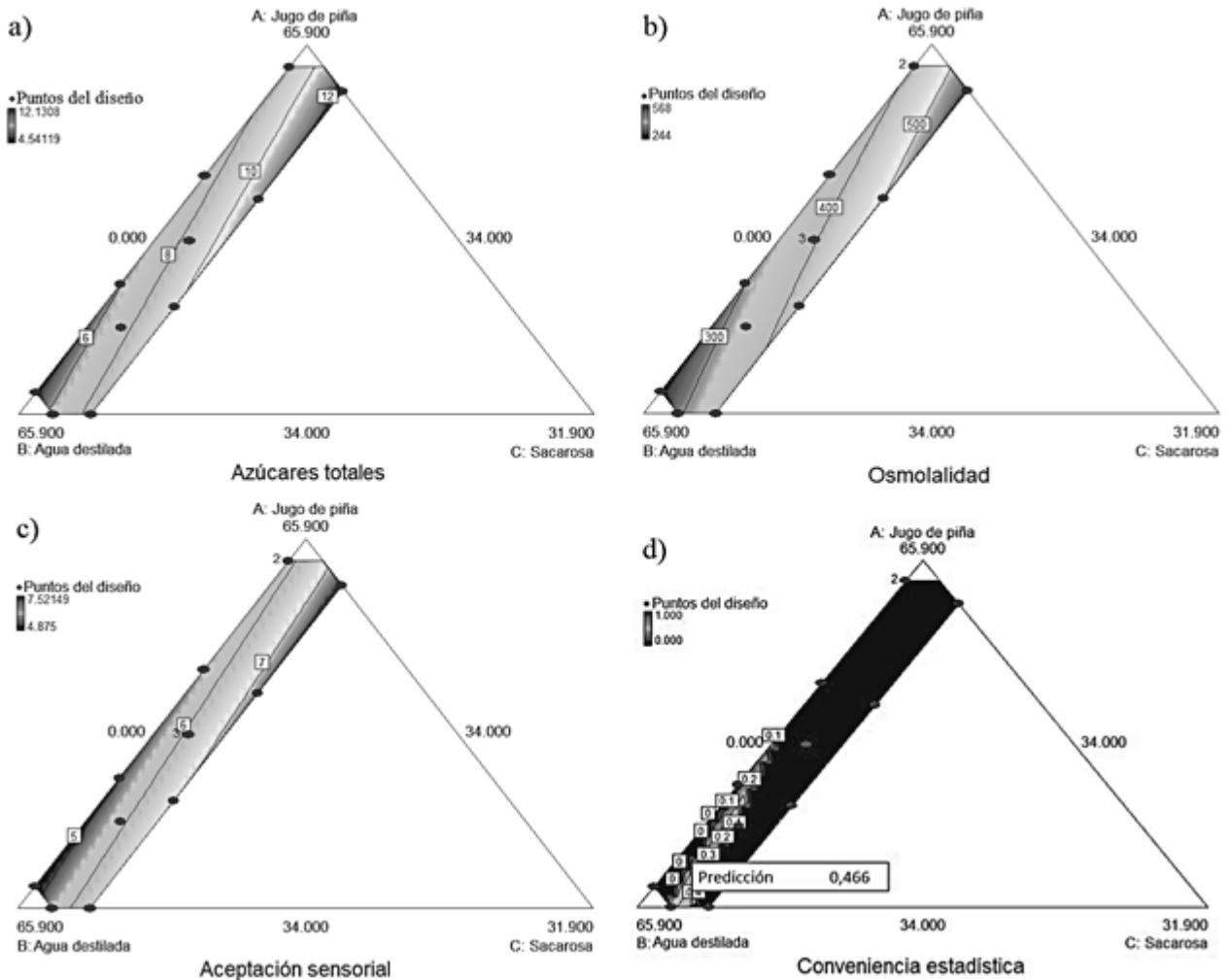


Fig. 1. Influencia de la variación del jugo de piña, agua destilada y sacarosa sobre el contenido de azúcares totales (a), osmolalidad (b) y aceptación sensorial (c) de las bebidas; conveniencia estadística en función de las proporciones de los componentes de la mezcla (d).

Tabla 5. Criterios para la optimización de la bebida deportiva isotónica

Parámetro	Límite inferior	Límite superior	Criterio
Azúcares totales (%)	6,0	8,0	En el intervalo
Osmolalidad (mmol/kg)	270	330	En el intervalo
Aceptación sensorial	4,88	7,52	Maximizar

estadística (Fig. 1d). La Tabla 6 muestra los resultados de la comprobación de la optimización.

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los resultados reales y los estimados por el programa. La bebida deportiva isotónica optimizada presentó 7,6 % de azúcares totales, 328 mmol/kg de osmolalidad y una aceptación sensorial que se correspondió con la categoría -me gusta ligeramente-.

Las restricciones en los intervalos de contenido de azúcares totales y osmolalidad limitaron la obtención de máximos valores de aceptación sensorial, las bebidas más gustadas fueron hipertónicas y presentaron un contenido de azúcares totales por encima de 8,0 %. Los consumidores que participaron en la prueba de aceptación sensorial tenían muy poca experiencia con este tipo de producto. Por tanto, la bebida pudo haber

sido poco gustada al ser evaluada bajo los estándares de calidad de los jugos de frutas. La aceptación sensorial de una bebida isotónica preparada en el laboratorio con agua, sacarosa (6,0 %) y NaCl (20 mmol/L) fue de 3,9 (0,7), valor inferior ($p \leq 0,05$) al de las 14 corridas experimentales.

CONCLUSIONES

Se desarrolló una bebida deportiva isotónica optimizada formulada con jugo de piña (34,0 %; 628 mOsm/kg), agua destilada (62,8 %), sacarosa (3,1 %) y NaCl (0,1 %; 20 mmol/L). La bebida tuvo un contenido de azúcares totales (7,7 %), osmolalidad (328 mOsm/kg) y aceptación sensorial de -me gusta ligeramente- similares a los valores teóricos estimados.

Tabla 6. Comprobación de la optimización de la bebida deportiva isotónica

Parámetro	Valor estimado por el programa	Resultado real
Azúcares totales (%)	7,6	7,7 (0,6)
Osmolalidad (mmol/kg)	330	328 (6)
Aceptación sensorial	6,1	6,2 (0,6)

Media (desviación estándar); n= 3.

REFERENCIAS

1. Palacios C, Franco L, Manonelles P, Manuz B, Villegas JA. Consenso sobre bebidas para el deportista. Composición y pautas de reposición de líquidos. Arch Med Dep 2008; 25(126):245-58.
2. Aragón-Varagas LF. Metabolic and performance responses to carbohydrate intake during exercise. En: Sports Drinks: Basic Science and Practical Aspects, Florida: CRC Press LLC; 2000. pp. 153-82.
3. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to carbohydrate-electrolyte solutions and reduction in rated perceived exertion/effort during exercise. EFSA J 2011; 9(6):2211-40.
4. Pons A, Aguiló A, Tur JA, Tauler P, Piña A, Cases N. Bebida isotónica energética y procedimiento de obtención. Palma de Mallorca: Fundacio Universitat-Empresa de les Illes Balears Tafona; 2004.
5. Penggalih MHST, Kadaryati S, Naimah RW, Mardiyati NL, Susilo J, Farmawati A, Nisa FZ, Gardjito M. The making of isotonic drink from banana flour (*Musa paradisiaca* formal typical). En: International Conference of Food Research; 2010 Nov 22-24; Putrajaya, Kuala Lumpur, Malaysia.
6. Ismail I, Singh R, Sirisinghe RG. Rehydration with sodium-enriched coconut water after exercise-induced dehydration. Southeast Asian J Trop Med Public Health 2007; 38(4):769-85.
7. DeNysschen CA, Ford A, Rao T, Zimmerman B. The Physiological Effects of Gatorade® Versus Diluted Fruit Juice during Exercise: A Preliminary Study. J Fud Nutr 2014; 1:1-6.
8. Khalid N, Suleria HAR, Ahmed I. Pineapple Juice. En: Handbook of Functional Beverages and Human Health. Florida: CRC Press LLC; 2016. pp. 489-500.
9. NC ISO 1842. Productos de frutas y vegetales. Determinación del pH. Cuba; 2001.

10. AOAC 985.26. Solids (total) in tomato products. Microwave oven drying method. Official AOAC Official Method; 2001.
11. NC ISO 2173. Productos de frutas y vegetales. Determinación del contenido de sólidos solubles. Cuba; 2001.
12. Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers P, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem* 1956; 28(3):350-6.
13. EN 1134. Method for determination of sodium, potassium, calcium and magnesium contents of fruit and vegetable juices by atomic absorption spectrometry. Reino Unido; 1994.
14. AOAC 967.21. Ascorbic acid in vitamin preparations and juices. 2,6-dichloroindophenol titrimetric method. AOAC Official Method; 1968.
15. Ruiz Y, García MA, Rodríguez D. Efecto del extracto hidroalcohólico de cúrcuma en la inhibición del pardeamiento no enzimático en néctar de mango. *Cienc Tecnol Alim* 2017; 27(2):39-44.
16. USDA. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26. Pineapple, raw; (Internet). Disponible en: <http://ndb.nal.usda.gov/>. Acceso 8 junio 2016.
17. Codex Stan 247. Norma general del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutas. FAO/OMS. Italia; 2005.
18. Mehrlich FP, Felton GE. Pineapple juice. En: *Fruit and Vegetable Processing Technology*, 3rd Ed. Connecticut: The AVI Publishing; 1980.
19. Couto DS, Cabral LMC, Matta VMD, Deliza R, Freitas DDGC. Concentration of pineapple juice by reverse osmosis: physicochemical characteristics and consumer acceptance. *Food Sci Technol (Campinas)* 2011; 31(4):905-10.