

# DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA BEBIDA ISOTÓNICA

Xavier L. Díaz\*, Adollys Newman, José Luis Pena y Karely Bello

División de Investigaciones en Alimentos. Instituto Nacional de Nutrición. Avenida Baralt, esquina el Carmen, edificio del INN, Apartado 2049, Caracas-Venezuela.

E-mail: papodiaz61@yahoo.com

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue desarrollar una bebida isotónica asegurando una adecuada inclusión de carbohidratos. Se realizó una cuantificación de minerales, carbohidratos, características químicas (pH, conductividad, acidez y osmolaridad) y se evaluó sensorialmente el producto desarrollado con una escala hedónica de siete puntos. El aporte de Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> de la bebida desarrollada fue de 21,10 y 6,05 meq/L, respectivamente. El valor de carbohidratos obtenido fue de 6,9 g/100 mL. El pH se mantuvo entre 3,1 y 3,4, mientras que la acidez entre 0,23 y 0,30 %. La osmolaridad fue de 302 mOsm/L, valor similar a la osmolaridad plasmática (290 mOsm/L), lo que indica que la bebida desarrollada puede hidratar rápida y efectivamente a personas de alto rendimiento.

**Palabras clave:** bebida isotónica, hidratación, osmolaridad.

## ABSTRACT

### Development and evaluation of an isotonic drink

The aim of this research was to develop an isotonic drink ensuring any adequate inclusion of carbohydrates. Mineral, carbohydrates and chemical characteristics (pH, conductivity, acidity and osmolarity) were evaluated and the developed product was sensorially evaluated by a seven points hedonic scale. The concentration of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> in the developed drink was of 21.10 and 6.05 meq/L, respectively. The carbohydrate value was of 6.9 g/100 mL. The pH value was remained between 3.1-3.4 and titrated acidity 0.23-0.30%. The osmolarity was 302 mOsm/L, similar value to that of the plasma osmolarity (290 mOsm/L), which indicates that the developed drink can hydrate quickly and effectively to persons of high performance (yield).

**Key words:** isotonic drink, hydration, osmolarity.

## INTRODUCCIÓN

Durante décadas los deportistas y las personas de alto rendimiento se han visto afectados por la pérdida y dificultad en la reposición del agua corporal, pues ésta permite un rendimiento físico óptimo que disminuye relativamente al variar el equilibrio electrolítico y además puede complicar el funcionamiento celular y sistémico y como consecuencia, disminuir la capacidad para tolerar el ejercicio prolongado.

En ambientes húmedos y calurosos se produce un aumento de la temperatura corporal y la sudoración, generando los siguientes fenómenos: disminución del rendimiento, hipertermia que altera el sistema nervioso central y disminuye la capacidad de ejecución motora del ejercicio, disminución del flujo sanguíneo muscular y aumento del flujo sanguíneo cutáneo, aumento del consumo de glucógeno muscular, acidosis y fatiga muscular (1,2).

*\*Xavier L. Díaz: Licenciado en Química de Alimentos (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2003). Auditor en Sistemas de Gestión de la Calidad (ISO 9001-2000), 2004. Máster en Ciencia de los Alimentos (Universidad Simón Bolívar, Venezuela, 2008). Lidera proyectos de desarrollo en el sector de bebidas en el Instituto Nacional de Nutrición (INN) y es Jefe de la División de Investigaciones en la misma institución. Dirige el Departamento de Aseguramiento y Control de la Calidad en paralelo al desarrollo e investigación de nuevos productos cárnicos embutidos y funcionales, en la empresa Colombiana Frigoríficos Bamar Ltda., en el departamento del Magdalena.*

Se ha demostrado que el sudor se deriva de todos los compartimentos de líquidos corporales y su distribución está influenciada por la tasa de sudor, la composición del sudor y la pérdida de agua total y electrolitos. Algunos investigadores provocaron la deshidratación de personas durante diversas etapas, mediante ejercicios en bicicleta y exposición al calor, logrando demostrar que a bajos niveles de pérdida de agua corporal (3 %) la deshidratación proviene en gran medida del espacio extracelular y a medida que se incrementa la pérdida, un gran porcentaje de la misma proviene del espacio intracelular. Además, se demostró que el sodio es el principal catión perdido por el sudor (3).

Por otra parte, la reposición de fluidos después del ejercicio representa la hidratación previa a la siguiente sesión de ejercicios. Cualquier carencia de fluido antes del ejercicio puede limitar potencialmente la termorregulación durante la siguiente sesión si no se emplea la reposición adecuada. La pérdida de agua corporal debido a la sudoración está dada en función de la carga térmica total que se relaciona con los efectos combinados de la intensidad de ejercicio y las condiciones ambientales (temperatura, humedad, velocidad del viento) (4).

A pesar de que se conoce la concentración electrolítica usual del sudor, es difícil determinar la cantidad típica de pérdida electrolítica total durante el estrés térmico, pues la cantidad y la composición del sudor varían con la intensidad del ejercicio y las condiciones ambientales, razón por la cual se planteó como objetivo en esta investigación, desarrollar una bebida isotónica capaz de reponer fluidos, electrolitos y sales minerales, entre los que se destacan el sodio y potasio y que impida o minimice los efectos debilitantes del faltante de los mismos en el funcionamiento fisiológico elevado, teniendo en cuenta una adecuada inclusión de carbohidratos y a su vez evaluarla y compararla con productos de marcas comerciales importantes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de la bebida isotónica se llevó a cabo en los laboratorios del Instituto Nacional de Nutrición (INN) en Caracas, Venezuela. Las bebidas isotónicas comerciales utilizadas en este estudio fueron adquiridas en el mercado local.

Los minerales ( $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ ) se cuantificaron en equipo de absorción atómica (A Analyst 200 Perkin Elmer, EE.UU.). El análisis proximal del producto se realizó por triplicado (humedad, proteína, grasa, ceniza) (5) y la determinación de carbohidratos se realizó por diferencia de los demás componentes del análisis proximal.

La determinación del valor de pH y la conductividad se realizaron mediante el uso del equipo WTW Inolab pHmeter 720 y Oakton pH/con 510 series (Conductividad-TDS), respectivamente. La acidez del producto se determinó mediante el uso del equipo titulador automático *Metrohm 809 Tritando* (Herisau-Suiza). La osmolaridad del producto se cuantificó mediante el uso del equipo *Wescor 5100c* (Haverhill, EE.UU.).

Se realizó una evaluación sensorial del producto desarrollado aplicando una prueba con consumidores (40 personas) pertenecientes al Instituto Nacional de Nutrición, en la cual se evaluaron los atributos: aroma, color y sabor mediante una prueba de escala hedónica de siete puntos (1= me disgusta mucho y 7 = me gusta extremadamente).

Todos los aditivos empleados en la elaboración de la bebida isotónica fueron de grado USP y obtenidos por donación del Instituto de Estudios Avanzados (IDEA) y la Universidad Central de Venezuela (UCV). Las mediciones de Osmolaridad del producto se realizaron en el Instituto de Estudios Avanzados (IDEA) de la Universidad Simón Bolívar.

Los resultados de los análisis físicos y químicos se expresaron como la media de tres determinaciones con su respectiva desviación estándar y se realizó un análisis de varianza con el programa *Statgraphics Plus 5.0* para identificar diferencias significativas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra que la bebida desarrollada, además de su bajo aporte calórico (28 kcal), presentó valores de 70 g/L de carbohidratos; 21 meq/L de  $\text{Na}^+$ ; 6 meq/L de  $\text{K}^+$ , similares a los reportados por diversos investigadores (106 g/L de carbohidratos; 22 meq/L de  $\text{Na}^+$  y 2,6 meq/L de  $\text{K}^+$ ), los cuales demostraron que al ingerir una solución electrolítica la diuresis se reduce y el balance neto de agua se sitúa próximo al nivel pre-ejercicio provocando una reducción en la osmolaridad plasmática (6, 7).

**Tabla 1. Valores medios de (Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>) en diferentes bebidas isotónicas**

Componentes	Aporte meq/L			
	Bebida INN	Marca A	Marca B	Marca C
Sodio (Na <sup>+</sup> )	21,10 <sup>a</sup> ± 0,68	20,10 <sup>a</sup> ± 0,00	21,68 <sup>a</sup> ± 0,83	11,41 <sup>b</sup> ± 0,21
Potasio (K <sup>+</sup> )	6,05 <sup>b</sup> ± 0,08	3,87 <sup>a</sup> ± 0,09	3,86 <sup>a</sup> ± 0,08	5,34 <sup>b</sup> ± 0,05

Letras diferentes indican diferencias significativas (p ≤ 0,05)

± Desviación estándar.

Las bebidas isotónicas fueron cuantificadas y analizadas logrando comprobar la existencia de diferencias significativas estadísticamente entre las mismas para los minerales Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>, lo cual se debe principalmente a la variación en la cantidad adicionada de sales de disociación empleadas para la elaboración de los productos, lo que genera el sabor característico de cada una. No obstante, la adición de sodio en las bebidas debe realizarse porque estimula la absorción de glucosa en el intestino delgado y el co-transporte activo de glucosa y sodio genera un gradiente osmótico que fomenta la absorción neta de agua (8). Se ha propuesto que las bebidas utilizadas para la rehidratación post-ejercicio deben tener una concentración de sodio similar a la del sudor. Sin embargo, el contenido de electrolitos del sudor muestra una variación considerable entre personas, dificultando la prescripción de una única formulación para cada persona o para cada situación.

En un estudio reciente (9) se compararon la eficacia de la rehidratación de una bebida con un contenido moderadamente alto de sodio (0,15 g/100 mL) con una solución con un bajo contenido de sodio (0,07 g/100 mL). Todos los voluntarios ingirieron 150 % de la pérdida de peso post-ejercicio. Con la bebida con un contenido relativamente alto en sodio, la rehidratación fue más rápida que con la bebida con un bajo contenido de este. Por tanto, se puede alcanzar la rehidratación después del ejercicio sólo si las pérdidas de electrolitos por el sudor, así como el agua, son reemplazadas con la concentración de sodio y agua adecuados.

La Tabla 2 refleja que el análisis proximal realizado en las diferentes bebidas isotónicas mostró que estas están exentas de proteína y grasa, debido a la composición y complejidad de las materias primas empleadas para su elaboración. No obstante, una limitante en el empleo de proteínas para esta clase de bebidas son los trastornos gastrointestinales asociados (diarrea, flatulencia y alergia), debido a que las proteínas no se absorben directamente en el organismo, además del gusto amargo desagradable que estas generan a raíz de la elevada concentración de prolina resultante de la hidrolización de la caseína. En la actualidad, este problema se está superando por medio de la tecnología enzimática, mediante la cual es posible hidrolizar la caseína en péptidos de menor tamaño (dipéptidos y tripéptidos cortos). Una vez que las enzimas cortan los enlaces de la cadena peptídica en dichos componentes, la prolina es reubicada generando de este modo una reducción en el amargor del hidrolizado obtenido (10, 11).

Los resultados mostraron que la bebida desarrollada presentó contenidos de carbohidratos (6,9 %) similares a los encontrados en las bebidas comerciales, los cuales oscilaron entre 6,4 y 7,8 % y por consiguiente un reducido aporte energético (26 a 32 kcal). Algunas investigaciones han demostrado que la adición de carbohidratos en las bebidas isotónicas juega un papel muy importante, además de mejorar el sabor de las mismas (12- 14).

**Tabla 2. Análisis proximal en diferentes bebidas isotónicas**

Componentes	Bebida INN	Marca A	Marca B	Marca C
Humedad (g/100 mL)	92,92 ± 0,02	93,32 ± 0,01	93,43 ± 0,01	92,02 ± 0,03
Proteína (g/100 mL)	-	-	-	-
Grasa (g/100 mL)	-	-	-	-
Ceniza (g/100 mL)	0,17 ± 0,01	0,12 ± 0,03	0,13 ± 0,03	0,10 ± 0,02
Carbohidratos* (g/100 mL)	6,9	6,5	6,4	7,8
Energía (kcal)	28	26	26	32

\*Determinados por diferencia

± Desviación estándar.

En la práctica de deportes de corta duración y alta intensidad se recomiendan bebidas isotónicas que lleven glucosa como carbohidrato principal y en los de larga duración e intensidad media-alta, se aconsejan las que combinan carbohidratos simples y complejos, por lo cual se adicionaron mono y disacáridos en la formulación del producto desarrollado. El empleo de hidratos de carbono diferentes mejora la absorción intestinal de agua, por lo tanto mientras que el aporte de agua evita la deshidratación, la concentración de hidratos de carbono en 6 y 10 % es efectiva para mantener el equilibrio de líquidos, proporcionar energía, reducir la degradación de las reservas de glucógeno, ayudar a mantener estables los niveles de glucosa en sangre y acelerar la asimilación del agua. Si la bebida tuviera menos de 5 % de azúcares, adolecería de poco valor energético, pero si superara 10 % se retrasaría el vaciamiento gástrico y la absorción de agua, lo que podría provocar diarrea y molestias gastrointestinales (15).

La adición de una fuente energética no es necesaria para la rehidratación, aunque una pequeña cantidad de carbohidratos puede mejorar la absorción intestinal de sodio, agua y además, mejora el sabor del producto. Sin embargo, es conveniente la adición de carbohidratos en ejercicios intensos y de larga duración, porque normaliza la hipoglucemia, retarda la fatiga y acelera la recuperación del glucógeno perdido (2, 7, 16, 17).

La glucosa es el azúcar clave del metabolismo y nuestro cuerpo la utiliza como fuente de energía, por tal razón no es adecuado emplear la fructosa como carbohidrato predominante si se pretende un aporte rápido de energía, pues ésta se absorbe más lentamente que la glucosa y puede causar molestias gastrointestinales aunque hace más agradable la bebida (12, 13).

Se ha demostrado que las bebidas con carbohidratos-electrolitos que contienen hasta 6 % de carbohidratos (60 g/L) se vacían del estómago a tasas similares que el agua durante el reposo y el ejercicio (18- 21). Las bebidas que contienen 8 % de carbohidratos muestran tasas más lentas de vaciado que el agua (22), lo que indica que el umbral para la reducción del vaciado gástrico está justo por sobre los 6 a 7 % de carbohidratos, rango que concuerda con los resultados obtenidos en la bebida desarrollada (6,9 %).

El resultado de pH de 3,1 obtenido para la bebida desarrollada fue similar a los obtenidos en las bebidas comerciales, lo que indica una adecuada concentración de iones hidronio en las bebidas desarrolladas con respecto a los demás productos isotónicos del mercado.

El control de las variables intrínsecas en bebidas isotónicas principalmente el pH,  $a_w$ , contenido de nutrientes (jugos, vitaminas y micronutrientes), niveles de carbonatación, sólidos solubles, calidad del agua (alcalina o dura) y preservantes, es una práctica muy importante pues su control permite mantener reducida la carga microbiológica en todo tipo de bebidas. No obstante, se ha demostrado que algunas levaduras, las bacterias acidófilas y algunos mohos, son los responsables del daño microbiológico en bebidas comunes y bebidas envasadas en frío. Las esporas de acidófilos, bacterias termófilas y esporas de mohos termorresistentes como *Byssochlamys* y *Neosartorya spp.* pueden sobrevivir a tratamientos térmicos como la pasteurización y por tal razón crecer en bebidas no carbonatadas llenadas en caliente (bebidas deportivas, isotónicas y refrescantes) (23).

La acidez de las bebidas isotónicas estudiadas presentó valores que se encuentran en un rango de 0,23 a 0,30; aunque no se presentaron diferencias estadísticamente significativas. Los ácidos en los alimentos contribuyen sobre la calidad, generalmente estos son empleados como nutrientes, saborizantes, agentes gelificantes, quelantes para ciertos iones, desestabilizadores y supresores de oscurecimiento enzimático, aunque en bebidas isotónicas el ácido cítrico es el más empleado.

La Tabla 3 muestra que los valores de osmolaridad obtenidos tanto en la bebida desarrollada como en las bebidas estudiadas, se distribuyeron entre 259 y 302 mOsm/L, lo que indica que la bebida desarrollada y la bebida comercial A, tienen valores que concuerdan con los presentes en los fluidos del organismo, los cuales oscilan entre 280 y 290 mOsm/L pues una de las principales características que debe presentar una bebida isotónica es la de contener una osmolalidad semejante a la del plasma sanguíneo para que no se produzcan problemas de diarrea osmótica (24, 25).

**Tabla 3. Caracterización química en diferentes bebidas isotónicas**

Componente	Bebida INN	Marca A	Marca B	Marca C
pH	3,1 ± 0,01	3,1 ± 0,01	3,4 ± 0,01	3,1 ± 0,02
°Brix	7 ± 0,01	6 ± 0,01	7 ± 0,01	8 ± 0,01
a <sub>w</sub> (T °C)	0,997±0,01 (23,2)	0,997±0,01 (23,3)	0,997±0,01 (23,4)	0,998±0,01 (23,3)
Acidez	0,303 ± 0,02	0,293 ± 0,01	0,233 ± 0,03	0,242 ± 0,02
Densidad (g/mL)	1,026 ± 0,01	1,024 ± 0,01	1,025 ± 0,01	1,029 ± 0,02
Osmolaridad (mOsm/L)	302 ± 0,02	268 ± 0,01	300 ± 0,02	259 ± 0,01

± Desviación estándar  
(T °C) = Temperatura.

La Tabla 4 refleja que en la medición de la conductividad no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras estudiadas. Es posible evidenciar que el producto desarrollado presentó un valor mayor de conductividad eléctrica (3,09 mS) con respecto a las demás bebidas del mercado nacional, lo que indica que la bebida desarrollada presentó un mayor aporte de electrolitos que las bebidas comerciales.

Los resultados del puntaje sensorial promedio asignado por los consumidores con respecto a los diferentes atributos evaluados fueron agradables para los jueces, siendo el aroma evaluado con 6 puntos (me gusta mucho), el color y el sabor con 5 puntos (me gusta).

## CONCLUSIONES

Fue posible generar un aporte de 21 meq/L de Na<sup>+</sup> y 6 meq/L de K<sup>+</sup> en la bebida desarrollada con 6,9 % de carbohidratos y 27,6 kcal, acidez de 0,30 % y osmolaridad de 302 mOsm/L. El producto desarrollado resultó ser agradable para los consumidores, por lo que se recomienda incluirlo en diferentes programas deportivos nacionales para evaluar su efectividad.

**Tabla 4. Valores de conductividad en diferentes bebidas isotónicas**

Muestra	Conductividad (mS)	TDS (ppt)
Bebida INN	3,09 ± 0,01	1,55 ± 0,01
Marca A	2,31 ± 0,01	1,15 ± 0,02
Marca B	2,19 ± 0,02	1,1 ± 0,01
Marca C	1,56 ± 0,02	0,78 ± 0,02

± Desviación estándar.

## REFERENCIAS

- McArdle, W.; Katch, F. y Katch, V. Exercise Physiology. Energy, Nutrition, and Human Performance. 5th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2001, 162 p.
- Barbany, J. Alimentación para el deporte y la salud. Barcelona, ed. Martínez Roca, 2002, 42 p.
- Costill, D.; Cote, R. y Fink, W. J. Appl. Physiol. 40: 6-11, 1976.
- Gisolfi, C. y Lamb, D. 1989. Perspectives in Exercise Sciences and Sports Medicine, II. Youth, Exercise and Sport. Indianapolis, 1989, 335–367 p.
- AOAC. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist 15<sup>th</sup> Ed.*, A.O.A.C., Washington D.C., 1990.
- Costill, D. y Sparks, K. J. Appl. Physiol. 34: 299-303, 1973.
- Rosés, J. y Pujol, P. *Medicin. de l' Esport* 150: 70-7, 2006.

8. Maughan, R.; Owen, J.; Shirreffs, S. y Leiper, J. *Eur. J. Appl. Physiol.* 69: 209-215, 1994.
9. Pujol, P.; Rosés, J.; Drobic, F.; Aliste, L.; González, C. y Moreno, A. Rehydration following exercise: effects of administration of two beverages, one with relatively low sodium content versus one with moderately high sodium content. A randomized controlled crossover study. [CDROM] 3er Congrés de la Societat Catalana de Medicina de l'Esport. Andorra, 2004.
10. Saunders, M.; Kane, M. y Todd, M. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 36 (7): 1233-1238, 2004.
11. Siebrecht, S. *Alimentaria* (374):125-127, 2006.
12. Bouzle, D.; Monstruc, P. y Cabanao, M. *Physiol. Behav.* 30: 97-102, 1983.
13. Greenleaf, J. Environmental issues that influence intake of replacement beverages. En: *Fluid Replacement and Heat Stress*. Washington, National Academy Press, 1991, 1-30 p.
14. Greenleaf, J. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 24: 645-656, 1992.
15. Consumer. Análisis Comparativo de Bebidas Isotónicas. Julio-Agosto [en línea]. Consultado 11 Noviembre 2008 en <http://revista.consumer.es/web/es/20040701/pdf/analisis.pdf>.
16. Bahrke, M. y Yesalis, C. ed. *Performance-Enhancing Substances in Sport and Exercise*. Illinois: Human Kinetics. 2002, 42 p.
17. Clark, N. *Nutrición para deportistas*. Madrid, Desnivel ed. 2002, 18 p.
18. Neuffer, P.; Young, A. y Sawka, M. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58: 433-439, 1989.
19. Gisolfi, C.; Summers, R.; Schedl, H. y Bleiler, T. *J. Appl. Physiol.* 73: 2142-2150, 1992.
20. Murray, R.; Eddy, D.; Bartoli, W. y Paul, G. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 26: 725-732 1994.
21. Shi, X.; Summers, R.; Schedl, H.; Flanagan, S.; Chang, R. y Gisolfi, C. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 27: 1607-1615, 1995.
22. Bartoli, W.; Horn, M. y Murray, R. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 27: 13-17, 1995.
23. Taormina, P.; Simpson, P.; Bertera, E. y Komitopoulou, E. Wipo Patent WO/2007/133272, Beverage preservatives. The Coca-Cola Co., 2006.
24. Tomarelli, R. *J. Pediatr.* 88 (3): 454-456, 1976.
25. Ho, T.; Yip, W.; Tay, J. y Wong, H. *J. Trop. Pediatr.* 31: 92-94, 1985.