

DISEÑO Y ANÁLISIS DE UNA BEBIDA DEPORTIVA A BASE DE BETABEL

DESIGN AND ANALYSIS OF A BEET-BASED SPORTS BEVERAGE

**Emmanuel Omar Ponce Dávila^{1*}, David Neder Suárez², María de Jesús Muñoz Daw¹,
Claudia Esther Carrasco Legleu¹, Zuliana Paola Benítez Hernández¹**

¹ Facultad de Ciencias de la Cultura Física, Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

² Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

Como citar:

Ponce-Dávila, E.O., Neder-Suárez, D., Muñoz-Daw, M.J., Carrasco-Legleu, C.E., y Benítez-Hernández, Z.P. (2024). Diseño y Análisis de una Bebida Deportiva a base de Betabel. *Revista Mexicana de Ciencias de la Cultura Física*, 3(7), 1-10. DOI 10.54167/rmccf.v3i7.1370

Correspondencia: p327789@uach.mx (Emmanuel Omar Ponce Dávila)

Recibido: 25 de septiembre de 2023; Aceptado: 9 de noviembre de 2023

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua a través de la Dirección de Investigación y Posgrado

RESUMEN

Objetivo: Desarrollar una bebida deportiva a base de betabel, con contenido significativo de nitratos, nitritos, polifenoles, antioxidantes totales y betalainas, con propiedades sensoriales aceptables. **Metodología:** Se diseñaron tres bebidas con diferente formulación, 1) betabel y cacao (B+c), 2) betabel, manzana y té verde (B+m+tv), 3) Betabel, cacao, manzana y té verde (B+m+tv+c). Todas las bebidas se analizaron microbiológicamente, químicamente cuantificando los compuestos bioactivos de interés y organolépticamente con 96 jueces. **Resultados:** Las bebidas cumplieron con los parámetros microbiológicos que exige la Norma Oficial Mexicana, de los compuestos bioactivos la bebida de B+c contiene de nitratos 48.38 mmol/L, de polifenoles 35.1±1.4 mg EAG/g b.s, de betacianina 8.16 mg BC/g b.s*, betaxantinas 4.92 mg BX/g b.s*, y de antioxidantes totales 8.27±0.07 mmol ET/g b.s, la bebida B+m+tv contiene 59.52mmol/L, 14.6±0.2 mg EAG/g b.s, 8.16 mg BC/g b.s*, 4.92 mg BX/g b.s* y 1.51±0.34 mmol ET/g b.s y la bebida B+m+tv+c contiene 31.74 mmol/L, 33.95±0.7 mg EAG/g b.s, 8.67 mg BC/g b.s* y 5.23 mg BX/g b.s*, y 4.76±0.2 mmol ET/g b.s respectivamente. Sensorialmente las bebidas B+m+tv obtuvo una aceptación general de 4.7 y la de B+m+tv+c 4.3 sin diferencia significativa, mientras que la de B+c fue menor, con 1.5. **Conclusión:** la bebida de B+m+tv+c tiene un contenido más elevado de polifenoles y antioxidantes totales en relación a la de B+m+tv y las dos tienen contenido aceptables en nitratos, nitritos, betacianinas y betaxantinas y las dos fueron aceptadas sensorialmente, por lo que se seleccionó la bebida de B+m+tv+c.

Palabras clave: Jugo de betabel, té verde, cacao, rendimiento deportivo, óxido nítrico.

SUMMARY

Objective: Develop a beet-based sports drink, with a significant content of nitrates, nitrites, polyphenols, total antioxidants, and betalains, with acceptable sensory properties. **Methodology:** Were designed with different compositions three drink, 1) beet and cocoa (B+c), 2) beet, apple, and green tea (B+m+tv), and 3) Beet, cocoa, apple, and green tea (B+ m +tv+c). All drinks were analyzed microbiologically, chemically by quantifying the bioactive compounds of interest and organoleptically with 96 judges. **Results:** The drinks complied with the microbiological parameters required by the Official Mexican Standard. Of the bioactive compounds, the B+c drink contains 48.38 mmol/L of nitrates, 35.1±1.4 mg EAG/g b.s. of polyphenols, and 8.16 mg BC of betacyanin. /g b.s*, betaxanthins 4.92 mg BX/g b.s*, and total antioxidants 8.27±0.07 mmol ET/g b.s., the B+m+tv drink contains 59.52mmol/L, 14.6±0.2 mg EAG/g b.s, 8.16 mg BC/g b.s*, 4.92 mg BX/g b.s* and 1.51±0.34 mmol ET/g b.s. and the drink B+m+tv+c contains 31.74 mmol/L, 33.95±0.7 mg EAG/g b.s, 8.67 mg BC/g b.s* and 5.23 mg BX/g b.s*, and 4.76±0.23 mmol ET/g b.s. respectively. Sensorily, the B+m+tv drinks obtained a general acceptance of 4.7 and that of B+m+tv+c 4.3 without a significant difference, while that of B+c was lower, with 1.5. **Conclusion:** the B+m+tv+c drink has a higher content of polyphenols and total antioxidants about that of B+m+tv, and both have acceptable contents of nitrates, nitrites, betacyanins, and betaxanthins and both were sensorially accepted,so the B+m+tv+c drink was selected.

Keywords: Beetroot juice, green tea, cocoa, sports performance, nitric oxide.

INTRODUCCIÓN

El betabel es un tubérculo consumido tradicionalmente por sus beneficios a la salud, utilizado ampliamente como un vegetal común para que los atletas repongan energía (Chen et al., 2021; Jimenez-Vera, 2019). El estudio del betabel en el rendimiento deportivo se centra principalmente en los componentes derivados de las betalaínas, su actividad antioxidante, los efectos potenciales del nitrato (NO_3^-), y la capacidad antioxidante de los polifenoles (Coggan et al., 2018; Koss-Mikołajczyk et al., 2019). El óxido nítrico (NO) es una molécula implicada en la regulación del tono muscular, que influye en el flujo sanguíneo, la contracción muscular, el balance de calcio y glucosa y la función mitocondrial (Castell et al., 2015). Las altas cantidades de NO_3^- que se encuentran en el jugo de betabel pueden aumentar los niveles de NO en el organismo (Domínguez et al., 2018) causando posibles mejoras en el rendimiento físico (Jones et al., 2018). Por otro lado, las betalaínas por su actividad antioxidante han estado en relación con propiedades antitumorales, antiinflamatorias, antilipidémicas, antidiabéticas, antivirales y como hepatoprotectoras y en la actividad física atenúan la fatiga, mejoran el rendimiento y la recuperación de los atletas (Carreón-Hidalgo et al., 2022; Montenegro et al., 2017).

Los polifenoles poseen propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y metabólicas las cuales reducen notablemente el nivel de especies reactivas de oxígeno y producen un aumento de la síntesis de óxido nítrico endotelial y la vasodilatación (Gelabert-Rebato et al., 2018; Laress et al., 2019; Magrone, 2017). La absorción de polifenoles y nitratos en conjunto,

potencian los efectos sobre el rendimiento del ejercicio en comparación con una dosis equivalente de nitrato. Una de las teorías que sostiene que los polifenoles pueden proteger al nitrato (así como al óxido nítrico derivado) del daño inducido por las especies reactivas del oxígeno, mejorando así su biodisponibilidad (Cholewa et al., 2019).

Diversos estudios de investigación basados en la mejora de rendimiento deportivo se centran en el jugo de betabel producido por James White Drinks Ltd., bajo la marca Beet It. La cantidad de la bebida es de 70 ml, con un contenido de nitrato que varía entre 4.10 a 6.45 mmol (Wong et al., 2021). Tomando como base la función biológica de los compuestos bioactivos y los antecedentes de la bebida de mayor uso en estudios, esta investigación se basa en el desarrollo de una bebida deportiva con nitratos, betalaínas, adicionada de compuestos fenólicos (cacao y té verde) para generar un incremento en el rendimiento de deportistas de fuerza.

Por tanto, el objetivo de este proyecto fue el de desarrollar tres bebidas deportivas a base de betabel, con contenido significativo de nitratos, nitritos, polifenoles, antioxidantes totales y betalaínas con características sensoriales aceptables, y analizar su contenido, para así poder seleccionar una para mejorar el rendimiento en deportistas de fuerza.

METODOLOGÍA

Muestra

Tres bebidas a base de betabel:

- a) Bebida de betabel, cacao y edulcorante (sucralosa)
- b) Bebida de betabel, manzana, té verde y edulcorante (sucralosa)

- c) Bebida de betabel, manzana, té verde, cacao y edulcorante (sucralosa)

Diseño

A las tres bebidas se les realizaron estudios microbiológicos para determinar coliformes totales, fecales, mesófilos aeróbios, hongos y levaduras, químicos evaluando nitratos, nitritos, polifenoles, antioxidantes totales, betacianinas y betaxantinas, evaluación sensorial clasificando las propiedades de olor, consistencia, dulzor, sabor, apariencia y aceptación general, seleccionando una bebida para uso de deportistas.

Instrumentos

Equipo para lavado. Cloro, jabón, esponjas, cepillo chico, toallas de cocina, jeringas, vasos medidores, bote de plástico y aspersor.

Materiales y equipo para la elaboración de las bebidas. Tazas medidoras, báscula granataria marca Velab modelo VE-2610, extractor de jugos marca América 9442, papel aluminio, vasos desechables de 5 mL, termómetro, microondas, refrigerador y utensilios de cocina.

Materiales y equipo el análisis microbiológico. Recipientes estériles tubos falcón, botes, bolsas marca Nasco modelo WHIRL-PACK, cajas Petri y agar Plate Count Agar, Test kits de coliformes totales, Mycosel, agar-agar, m-FC Agar, horno de temperatura constante y contador de microorganismos.

Materiales y equipo de análisis químico. Espectrofotómetro Perkin Elmer prescopy Lambda 25 uv/vis, una balanza analítica Adventurer marca DHAUS, baño maría marca ISO TEMP modelo 210, centrífuga Thermo IEC modelo Centra CL3R, tiras reactivas nitrato y nitrito marca Bartovation, matraz, tubos de ensaye, tubos falcón, gradillas, pipetas graduadas

de 5mL y 10 mL, pipetas automáticas, reactivo de Folin Ciocalteu, bicarbonato (Na_2CO_3) al 20 %, ácido gálico marca SIGMA, trolox, metanol y agua destilada.

Procedimiento

Proceso microbiológico. Durante la preparación de las bebidas deportivas se desinfecta previamente la superficie de trabajo con solución de cloro (1 L de agua con 2 mL de cloro) y los utensilios son lavados con jabonadura y posteriormente se rocían con solución de. El extractor de jugos utilizado para procesar el betabel y la manzana (American Modelo 9442) es filtrado con solución de cloro (1 L agua con 4 mL de cloro).

En la preparación y selección de las materias primas la manzana es seleccionada mediante calidad (sin manchas, golpes, ni cortadas) y con un estado de maduración aceptable. La manzana es lavada con jabonadura y desinfectada en solución de cloro durante 20 min (1 L de agua con 2 ml de cloro). Posteriormente, la cáscara, semillas y hueso de la misma son retiradas. Después de procesar la manzana el extractor debe ser lavado con jabonadura y desinfectado con solución de cloro (1 L agua con 4 mL de cloro). El betabel es seleccionado en base a calidad y con hoja fresca, sin golpes ni cortadas. Las hojas deben ser cortadas sin dejar rastros del nacimiento de las mismas, en caso de tener raspaduras o golpes se debe retirar el área afectada, de igual manera las raíces. El betabel es lavado con jabonadura retirando toda la tierra y suciedad con esponja hasta quitar toda la suciedad (tierra) después es desinfectado en solución de cloro durante 20 minutos (1 L agua/ 2 mL de cloro).

Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó para evaluar el cumplimiento de la Norma

Oficial Mexicana a cada una de las bebidas deportivas diseñadas, mediante el recuento de coliformes totales, fecales, mesófilos aerobios, hongos y levaduras, según la NOM- 092 - SSA 1 - 1994 , NOM-113 - SSA1-1994 , NOM-111-SSA1-1994, NOM-110 - SSA 1 – 1994, NOM- 251 - SSA 1 – 2009. Para el análisis se enviaron muestras de las bebidas al laboratorio de análisis clínicos y microbiológicos de alimentos “BioLaB”.

Análisis químico

Betalaínas. La cuantificación de betalaínas totales se realizó en el jugo de betabel diluido 1/50. Esta determinación se realizó de acuerdo con Castellanos y Yahia (2008), utilizando un espectrofotómetro UV-Vis. La cuantificación de betalaínas se calculó aplicando la ecuación:

$$BC [mg/g] = [A * DF * MW * VD/\epsilon * L * Wd]$$

donde A es la absorción a 535 nm para betacianinas y 483 nm para betaxantinas; DF es el factor de dilución; VD es el volumen de la solución (mL); Wd es el peso del producto deshidratado (g); L es el paso óptico de la cubeta (1 cm); MW y ϵ son el peso molecular y el coeficiente de absorptividad molar, respectivamente [Betacianina = 550 g/mol; ϵ = 60 000 L/ (mol cm) en agua y Betaxantina =308 g/mol; ϵ = 48 000 L/ (mol cm)]. Los resultados se expresaron como mg de betacianinas o betaxantinas (según sea el caso) por gramo de muestra (mg Bc, Bx/g). Las mediciones se realizaron por triplicado y se reportaron valores medios con su desviación estándar.

Nitratos y nitritos. La cuantificación de nitratos y nitritos se realizó por medio de tiras reactivas colorimétricas específica para alimentos (Bartovation, New York, EE.UU.) analizando las tres bebidas deportivas diseñadas y el jugo de betabel, diluyéndolas en las siguientes

concentraciones: bebida de betabel y cacao 1/30, bebida de betabel, manzana y té verde 1/50, bebida de betabel, manzana, cacao y té verde 1/40. Las mediciones se realizaron por triplicado y se reportaron valores medios con desviación estándar.

Polifenoles totales. El contenido de polifenoles totales en las bebidas deportivas y en el jugo de betabel se determinó en una dilución 1/1 mediante una modificación del método colorimétrico de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton et al. (1999); donde se tomaron 30 μ L del extracto, 3 mL de agua destilada y 200 μ L de reactivo de Folin-Ciocalteu, se colocaron en un tubo de ensayo dejando reaccionar por 10 min, a temperatura ambiente (25 °C). Posteriormente, se añadieron 600 μ L de una solución de carbonato de sodio al 20% y se incubaron por 20 min a 40 °C en un baño de temperatura controlada (Fisher Scientific, modelo 210, EUA). Se enfriaron en un baño de hielo y el color desarrollado durante ese tiempo se midió a 760 nm en un espectrofotómetro Perkin-Elmer (modelo Lambda 25 UV/VIS, EE.UU.). Para realizar la curva de calibración se utilizó ácido gálico en una concentración de 100 a 1000 ppm. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por cada gramo de muestra en base seca (mg EAG/g de muestra). Todas las mediciones se realizaron por triplicado y se reportaron valores medios con su desviación estándar.

Antioxidantes totales. La capacidad antioxidante se midió usando el método del radical libre 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), desarrollado por Brand-Williams et al. (1995), el cual se basa en la reducción de la absorbancia medida a 515 nm del radical DPPH. Se colocaron 0.1 mL de muestras de emulsiones en tubos de ensayo y se les agregaron 3.9 mL

de solución de DPPH (100 mM en metanol). Se agitaron vigorosamente y se mantendrán en la oscuridad durante 3 h, pasado este tiempo se midió la absorbancia a 515 nm en un espectrofotómetro Perkin-Elmer (modelo Lambda 25 UV/VIS, EUA). Para realizar la curva de calibración se utilizó Trolox en una concentración de 0.02 a 1 mM. Como blanco se utilizó metanol con el mismo tratamiento que el resto de las muestras. Los resultados se expresaron en mmol equivalentes de trolox por gramo de muestra en base seca (mmol ET/g b.s.). Dicha determinación se realizó por triplicado para cada muestra y se reportaron valores medios con su desviación estándar.

Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se seleccionaron a 96 jueces consumidores (edad 22±9.6, 36 mujeres y 60 hombres) todos estudiantes, docentes y trabajadores de la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua. El análisis se llevó a cabo en el Laboratorios de Investigación, área de Nutrición. A los participantes se les preguntó inicialmente si eran alérgicos a algún alimento, en caso de que fueran alérgicos a alguno de los ingredientes de las bebidas, no participarían. Se les administró cada bebida fría en un vaso de cinco mililitros, codificado con números: el de B+c con el número 469, el de B+m+tv con el 138 y el de B+m+tv+c con el 790, y uno de los vasos con agua para eliminar el sabor anterior. Contestaron un test general de aceptabilidad una escala hedónica de 5 puntos, con los parámetros de olor, consistencia, dulzor, sabor, apariencia y aceptación general.

Análisis estadístico

El contenido de cada alimento en el diseño de las bebidas deportivas se reportó en porcentaje, el análisis químico

de nitratos, nitritos, polifenoles totales, antioxidantes totales, betacianinas y betaxantinas se reportaron en concentración media, y polifenoles totales, antioxidantes totales con media y desviación estándar. Para el análisis sensorial se realizó un ANOVA y un análisis post hoc de Tukey con una significancia de 0.05.

RESULTADOS

En la tabla 1 se puede observar el porcentaje de materia prima utilizado en cada bebida deportiva, apreciándose que el jugo de betabel es el principal componente.

Tabla 1 - Composición de las bebidas a base de betabel.

Nota: V: Varones. M: Mujeres.

Código	B+c	B+m+tv	B+m+tv+c
Materia prima	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
Jugo de betabel	52.2	50.7	50.7
Cacao	3.3	-	0.1
Té verde	-	0.4	0.4
Manzana	-	30.8	30.8
Agua	44.3	17.9	17.8
Sucralosa	0.2	0.2	0.2

B+c= jugo de betabel + cacao, B+m+tv= Jugo de

betabel+manzana+té verde, B+m+tv+c= jugo de betabel+

manzana+té verde+cacao.

En la tabla 2 se muestra el contenido de compuestos bioactivos de las bebidas deportivas diseñadas, los nitratos se encuentran en cantidades aceptables entre 59.52 para la bebida de betabel, manzana y té verde y 31.74 Mmol/l en la bebida de betabel, manzana té verde y cacao, la bebida con mayor contenido de nitritos fue la de betabel con manzana y té verde 8.15 Mmol/l seguida de la bebida de betabel con manzana, té verde y cacao 4.34 Mmol/l, en relación al contenido de polifenoles totales las de más cantidad fueron la de betabel con cacao (35.1±1.4 mgEAG/gbs) y la de betabel con manzana, té verde y cacao (33.95±0.7mgEAG/gbs), los antioxidantes totales se encontraron principalmente en el jugo de betabel y en la bebida con betabel y cacao, las betacianinas y las betaxantinas están presentes principalmente en el jugo de betabel, en las tres bebidas no hubo diferencia significativa:

Tabla 2 - Contenido de compuestos bioactivos en las bebidas deportivas a base de jugo de betabel

Parámetro	B+c	B+m+t	B+m+tv+c	Jugo de betabel
Nitratos	48.38	59.52	31.74	47.61
Nitritos	0.16	8.15	4.34	0.56
Polifenoles totales	35.1 ± 1.4	14.6 ± 0.2	33.95 ± 0.7	20.49 ± 2.76
Antioxidantes totales	8.27 ± 0.07	1.51 ± 0.34	4.76 ± 0.23	9.2 ± 0.09
Betacianina	8.16	8.16	8.67	16.01 ± 0.38
Betaxantina	4.92	4.92	5.23	9.66 ± 0.27

Nota. Nitratos (Mmol/l), Nitritos (Mmol/l), Polifenoles totales (mg EAG/g b.s*), Antioxidantes totales (micromol de trolox /g de muestra), Betacianina (mg BC/g b.s*), Betaxantina (mg BX/g b.s*), B+c (bebida deportiva de betabel y cacao), B+m+tv (bebida deportiva de manzana y té verde), B+m+tv+c (bebida deportiva de betabel, manzana, té verde y cacao) y b.s* (base seca).

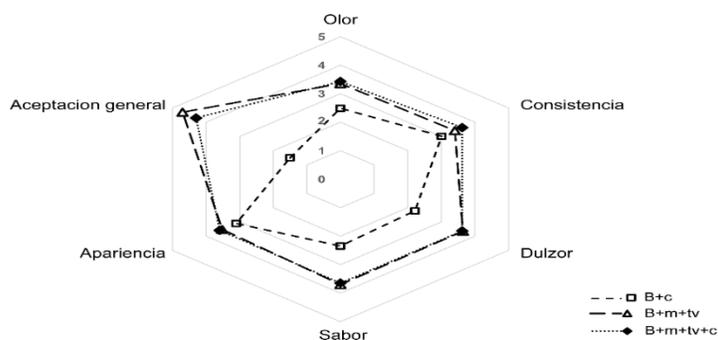
En la tabla 3 Se observa el análisis microbiológico de las bebidas, mostrando que cumplen con las especificaciones establecidas por la Norma Oficial Mexicana, lo cual lo hace un producto inocuo y apto para el consumo humano:

Tabla 3 - Análisis microbiológico de las bebidas

Muestra	Mesofilos aerobios (UFC/mL)	Coliformes totales UFC/mL	Coliformes fecales UFC/mL	Hongos UFC/mL	Levaduras UFC/mL
B+c	1920	320	NEGATIVO	1	168
B+m+tv	880	210	NEGATIVO	21	61
B+m+tv+c	550	150	NEGATIVO	11	84

Nota: por las cuentas totales obtenidas, estas muestras se encuentran aptas para el consumo según las normas NOM-092 - SSA1 - 1994, NOM-113 - SSA1 -1994, NOM-111-SSA1-1994, NOM- 110 - SSA 1 - 1994 NOM- 251 - SSA 1 – 2009, UFC/mL: unidad formadora de colonias por mililitro de muestra, B+c (bebida deportiva de betabel y cacao), B+m+tv (bebida deportiva de manzana y té verde), B+m+tv+c (bebida deportiva de betabel, manzana, té verde y cacao).

En la figura 1, se muestran los parámetros sensoriales de las bebidas deportivas, apreciando una buena aceptación en las bebidas B+m+tv y la de B+m+tv+c sin diferencia significativa (p<0.05), la bebida de B+c obtuvo menor aprobación con diferencia significativa a las dos bebidas anteriormente mencionadas:



DISCUSIÓN

De acuerdo al contenido de componentes bioactivos de las bebidas que se diseñó, todas contienen nitratos en cantidad adecuada, de nitritos solo las bebidas de B+m+tv y la de B+m+tv+c no es conveniente elegir la de B+c ni el jugo de betabel solo, de polifenoles contienen más las bebidas de B+C y la de B+m+tv+c y el jugo de betabel, de antioxidantes totales la que contiene menor cantidad fue la de B+m+tv, de betacianinas y betaxantinas tienen un contenido similar, al seleccionar una de las bebidas por su contenido de compuestos bioactivos sería la de B+m+tv+c. al realizar el estudio de las propiedades sensoriales (olor, consistencia, dulzor, sabor, apariencia y aceptación general) los jueces prefirieron las de B+m+tv y la de B+m+tv+c; por lo que la bebida seleccionada en nuestro estudio tanto por los compuestos bioactivos como por sus propiedades sensoriales fue la de B+m+tv+c.

La bebida seleccionada de B+m+tv+c contiene 6.2 mmol en 200 mL, de nitrato, y la bebida Beet it elaborada por James Drinks Ltd del Reino Unido que contiene 6.4 mmol, en envases de 70 mL de esta manera, se equipara el contenido de nitratos, Gallardo et al., (2019), mencionan en su investigación que ≥ 5 mmol de NO_3^- /porción, es la dosis mínima requerida para mejorar el rendimiento del ejercicio. Adicionalmente Gallardo et al.

(2019) también mencionan en su investigación que existe una variabilidad de moderada a grande en NO_3^- entre muestras de productos a base de betabel donde analizaron 24 productos de betabel (incluidos polvos, bebidas mezcladas, concentrados y jugos a granel) de 21 compañías distintas para cuantificar la concentración de nitratos [NO_3^-] y nitritos [NO_2^-] mediante cromatografía líquida de alta resolución, y se encontró diferencias con un coeficiente de variación medio de 30 ± 26 % (rango 2-83%) lo cual indica que no existe garantía por parte de los productores en el contenido bioactivo de principal interés, la recomendación es que por calidad se debe de realizar este análisis periódicamente en los productos disponibles para los deportistas.

El contenido de polifenoles totales en la bebida de B+m+tv+c fue de 33.95 mg EAG/ml y en el jugo de betabel fue de 20.49 mg EAG/ml, este último resultado no coincide con los reportados por Smirnova et al., (2022) en una bebida de jugo de betabel donde encontró una concentración de polifenoles de 0.609 mg EAG/ml, esta variación se pudo haber debido al método de producción, cosecha y/o conservación del betabel, por lo que es importante seleccionar adecuadamente este alimento.

Las betalaínas formadas por betacianinas y betaxantinas, son sensibles a los cambios de pH, calor, luz y oxígeno (Fu et al. 2020), por lo cual las técnicas de procesamiento son tema de interés en la investigación, para poder preservar los productos ricos en betalaínas. De acuerdo con Trych et al. (2022) en su estudio sometieron al jugo de betabel recién exprimido, con materia prima de origen polaco. La identificación de betalaínas se realizó mediante espectrofotometría y el

contenido de betacianinas reportado fue de 893 mg/L y betaxantinas de 128 mg/L concordando con otros estudios (Pandita et al., 2020; Wuss et al., 2015), en la investigación la cuantificación se realizó por un método similar al de (Trych et al., 2022), utilizando espectrofotometría y reportando un mayor contenido de betacianinas 8670 mg/L y betaxantinas 5230 mg/L, por lo que se puede decir que lo encontrado en nuestro estudio supera los estándares y esto puede ser un aporte a largo plazo.

CONCLUSIONES

La bebida de B+m+tv+c tiene un contenido más elevado de polifenoles y antioxidantes totales en relación a la de B+m+tv y las dos tienen contenido aceptables en nitratos, nitritos, betacianinas y betaxantinas y las dos fueron aceptadas sensorialmente, por lo que se seleccionó la bebida de B+m+tv+c.

REFERENCIAS

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. & Berset, C.L.W.T. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28, 25-30. [http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Carreón-Hidalgo, J. P., Franco-Vásquez, D. C., Gómez-Linton, D. R., & Pérez-Flores, L.J. (2022). Betalain plant sources, biosynthesis, extraction, stability enhancement methods, bioactivity, and applications. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 151, 110821. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110821>
- Castell, L. M., Stear, S. J., & Burke, L. M. (eds.). (2015). *Nutritional supplements in sport, exercise and health: An AZ guide*. Routledge.
- Castellanos-Santiago, E., & Yahia, E.M. (2008). Identification and quantification of betalains from the fruits of 10 mexican prickly pear cultivars by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56 14, 5758-64.
- Chen, L., Zhu, Y., Hu, Z., Wu, S., & Jin, C. (2021). Beetroot as a functional food with huge health benefits: Antioxidant, antitumor, physical function, and chronic metabolomics activity. *Food Science & Nutrition*, 9(11), 6406–6420. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2577>
- Cholewa, J., Trexler, E., Lima-Soares, F., de Araújo Pessôa, K., Sousa-Silva, R., Santos, A. M., Zhi, X., Nicastro, H., Cabido, C. E. T., de Freitas, M. C., Rossi, F., y Zanchi, N. E. (2019). Effects of dietary sports supplements on metabolite accumulation, vasodilation and cellular swelling in relation to muscle hypertrophy: A focus on "secondary" physiological determinants. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 60, 241–251. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.10.011>
- Coggan, A.R., Broadstreet, S.R., Mikhalkova, D., Bole, I., Leibowitz, J.L., Kadkhodayan, A., Park, S., Thomas, D.P., Thies, D., & Peterson, L. R. (2018). Dietary nitrate-induced increases in human muscle power: high versus low responders. *Physiological Reports*, 6(2). <https://doi.org/10.14814/phy2.13575>
- Domínguez, R., Maté-Muñoz, J. L., Cuenca, E., García-Fernández, P., Mata-Ordoñez, F., Lozano-Estevan, M. C., Veiga-Herreros, P., da Silva, S. F., y Garnacho-Castaño, M. V. (2018). Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*,

15(2). <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0204-9>

Fu, Y., Shi, J., Xie, S.-Y., Zhang, T.-Y., Soladoye, O. P. y Aluko, R. E. (2020). Red beetroot betalains: Perspectives on extraction, processing, and potential health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(42), 11595–11611. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c04241>

Gallardo, E.J., y Coggan, A.R. (2019). What is in your beet juice? Nitrate and nitrite content of beet juice products marketed to athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 29(4), 345-349.

Gelabert-Rebato, M., Wiebe, J. C., Martin-Rincon, M., Gericke, N., Perez-Valera, M., Curtelin, D., Galvan-Alvarez, V., Lopez-Rios, L., Morales-Alamo, D. y Calbet, J. A. L. (2018). Mangifera indica L. leaf extract in combination with luteolin or quercetin enhances VO₂peak and peak power output, and preserves skeletal muscle function during ischemia-reperfusion in humans. *Frontiers in physiology*, 9, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00740>

Jones, A.M., Thompson, C., Wylie, L.J. y Vanhatalo, A. (2018). Dietary nitrate and physical performance. *Annual Review of Nutrition*, 38(1), 303–328. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-082117-051622>

Jurado-Castro, J.M., Casanova-Rodriguez, D., Campos-Perez, J., Llorente-Cantarero, F. J., De La Florida-Villagran, C.A., Diaz-Bernier, V.M., y Ranchal-Sanchez, A. (2022). Beetroot juice produces changes in heart rate variability and reduces internal load during resistance training in men: A randomized double-blind crossover. *Nutrients*, 14(23), 5119. <https://doi.org/10.3390/nu14235119>

Koss-Mikołajczyk, I., Kusznierevicz, B., Wiczowski, W., Sawicki, T. y Bartoszek, A. (2019). The comparison of betalain composition and chosen biological activities for differently pigmented prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) and beetroot (*Beta vulgaris*) varieties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 70, 442–452. <https://doi.org/10.1080/09637486.2018.1529148>

Kumar, Y., y Beetroot, A. (2015). Super food. *International Journal of Engineering Studies and Technical Approach*, 1(3), 20-26.

Lares, M., Tafurt, G., Suarez, O., Alvarez, C., y El Khori, S. (2019). Efecto del consumo de chocolate oscuro de granos cacao sin fermentar, sobre marcadores de estrés oxidativo y, disfunción endotelial en una población sana. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*, 14(2), 163-167.

Montenegro, C.F., Kwong, D.A., Minow, Z.A., Davis, B.A., Lozada, C.F., y Casazza, G.A. (2017). Betalain-rich concentrate supplementation improves exercise performance and recovery in competitive triathletes. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 42(2), 166–172. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0452>

Magrone, T., Russo, M. A., y Jirillo, E. (2017). Cocoa and dark chocolate polyphenols: from biology to clinical applications. *Frontiers in immunology*, 8, 677. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2017.00677>

Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. 1994

Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.



Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.

Pandita, D., Pandita, A., Pamuru, R. R. y Nayik, G.A. (2020). *Beetroot. En Antioxidants in Vegetables and Nuts - Properties and Health Benefits* (pp. 45–74). Springer Singapore.

Smirnova, G., Tretjakovs, P., Fedotova, A., Simanis, R., Vasiljeva, S., Suhorukovs, O., Seglina, D., Krasnova, I., Bartkevics, V. & Babarykin, D. (2022). Red beetroot juice and stamina: An experimental study. *Journal of Biosciences and Medicines*, (10)9, 18-29. <https://doi.org/10.4236/jbm.2022.109002>

Singleton, V.L., Orthofer, R. y Lamuela-Raventos, R.M. (1999) Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178. [http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)

Trych, U., Buniowska-Olejnik, M. y Marszałek, K. (2022). Bioaccessibility of betalains in beetroot (*Beta vulgaris* L.) juice under different high-pressure techniques. *Molecules*, 27(20), 7093. <https://doi.org/10.3390/molecules27207093>



Wruss, J., Waldenberger, G., Huemer, S., Uygun, P., Lanzerstorfer, P., Müller, U., Höglinger, O. y Weghuber, J. (2015). Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 46-55. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.03.005>



Wong, T.H., Sim, A., y Burns, S.F. (2021). The Effect of Beetroot Ingestion on High-Intensity Interval Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrientes*, 13(11), 3674. <https://doi.org/10.3390/nu13113674>





Copyright (c) 2024 Revista Mexicana de Ciencias de la Cultura Física. Este documento se publica con la política de Acceso Abierto. Distribuido bajo los términos y condiciones de Creative Commons 4.0 Internacional <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.

