

Functionality of a watermelon juice enriched in L-citrulline in athletes of a half-marathon race

Funcionalidad de un zumo de sandía enriquecido en L-citrulina en deportistas de media maratón

B. Fernández-Lobato^{1,2*}, A. Martínez-Sánchez^{1,3}, E. Aguayo^{1,3}

¹Unidad de Calidad y Salud, Instituto de Biotecnología Vegetal. Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), España.

²Servicio de Farmacia. Hospital General Universitario Santa Lucía, Cartagena, España.

³Grupo de Postrecolección y Refrigeración. Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT).

*babiferlo@gmail.com

Abstract

Watermelon is a rich natural source of L-citrulline (CIT). This is a non-essential amino acid (aa) synthesized endogenously in the intestinal mucus. In recent years, L-cit has aroused a special interest in being a precursor of L-arginine biosynthesis, a substrate for the endogenous production of nitric oxide (NO), which has been attributed a positive effect on sports performance. In addition, L-cit is a metabolic intermediate to the hepatic urea cycle that contributes to the removal of the ammonium ion in the form of urea. The accumulation of ammonium has been related to the appearance of muscular fatigue and, therefore, with the decrease of the sporty performance. The aim of this study is to evaluate the influence of watermelon juice enriched in L-cit (ZSEC) on improving sports performance and recovering after a half-marathon. Subjective perception of the effort and of muscle pain and arginine and lactate in plasma were evaluated. As results, we found that after the race, volunteers who took ZSEC increased plasma arginine concentrations by 27% compared to placebo.

Keywords: Ergogenic aids; functional food; sport performance; muscle fatigue; nitric oxide.

Resumen

La sandía es una fuente natural rica en L-citrulina (L-cit). Este aminoácido (aa) no esencial se sintetiza endógenamente en la mucosa intestinal. En los últimos años, L-cit ha despertado un especial interés por ser precursor de la biosíntesis de L-arginina, sustrato para la producción endógena de óxido nítrico (NO) al cual se le ha atribuido un efecto positivo en el rendimiento deportivo. Además, L-cit es un aa intermediario metabólico del ciclo de la urea hepático que contribuye a la eliminación del ión amonio en forma de urea. La acumulación de amonio ha sido relacionada con la aparición de la fatiga muscular y, por ello, con la disminución del rendimiento deportivo. El objetivo de este estudio consiste en evaluar la influencia del zumo de sandía enriquecido en L-cit (ZSEC) en la mejora del rendimiento deportivo y recuperación posterior, tras una media maratón. Con este fin, se determinó la percepción subjetiva del esfuerzo realizado al finalizar el ejercicio y la percepción subjetiva del dolor muscular al finalizar la carrera y a las 24, 48 y 72 horas post-carrera. Después de la carrera, los voluntarios que ingirieron ZSEC aumentaron las concentraciones plasmáticas de arginina un 27% respecto a placebo.

Palabras clave: Suplementos ergogénicos; alimento funcional; rendimiento deportivo; fatiga muscular; óxido nítrico.

1. INTRODUCCIÓN

Los alimentos funcionales ejercen un efecto beneficioso sobre una o más funciones selectivas del organismo, además de sus efectos nutritivos intrínsecos, de modo que resulte apropiado para mejorar el estado de salud y bienestar, reducir el riesgo de enfermedad, o ambas cosas [1]. Además, sus efectos deben demostrarse en las cantidades normalmente consumidas en la dieta. La sandía es una fuente natural rica en L-cit, su riqueza puede variar desde 0,7 hasta 6 g/kg de peso fresco, presentando una mayor cantidad la corteza respecto a la pulpa [2-4]. L-cit es un aminoácido no esencial cuya degradación se produce en el riñón, de forma que el 83% de la citrulina plasmática se convierte en L-arginina [5]. Osowska et al. demostraron que la nutrición enteral en ratas enriquecida con L-cit (1g/kg/día), generaba altas cantidades de arginina en diversos tejidos [6]. La L-arginina, mediante la enzima óxido nítrico sintasa (NOS), produce de forma endógena óxido nítrico (NO). El NO es un importante modulador del flujo sanguíneo, del metabolismo de la energía muscular, y de la respiración mitocondrial durante el ejercicio físico [7]. Por lo que los suplementos de NO pueden ser una ayuda ergogénica para aumentar el rendimiento deportivo [8].

Además, L-cit es un aminoácido intermediario metabólico del ciclo de la urea, cuya función es la eliminación del organismo del excedente del ión amonio en forma de urea [2]. Córdova et al. [9] demostraron que la suplementación con CIT a ciclistas semi-profesionales mejoraba el funcionamiento del ciclo de urea durante y después de un ejercicio físico intenso, facilitando la absorción energética de las proteínas; así como favoreciendo la síntesis de NO e incrementando la oxigenación del tejido hipóxico durante un periodo de tiempo prolongado. La acumulación del ión amonio activa la enzima fosfofructoquinasa y, con ello, se aumenta la tasa de glucólisis anaeróbica, bloqueando la utilización aeróbica de piruvato e impidiendo su reciclaje en la gluconeogénesis. Todo esto se traduce en la desviación del metabolismo energético hacia la producción y acumulación de lactato en tejidos musculares produciendo fatiga y dolor muscular [10].

Por todo lo expuesto, el objetivo principal de este estudio *in vivo* consistió en evaluar la funcionalidad de un zumo de sandía enriquecido en L-cit (ZSEC) en deportistas de media maratón. Para ello se evaluó el rendimiento deportivo, recuperación posterior y parámetros plasmáticos como arginina y lactato

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Bebidas

Se comparó un zumo de sandía enriquecido en L-cit (3,45 g por 500 mL) con respecto a una bebida placebo (PLA). Para la elaboración del zumo, se utilizó sandía de la variedad Fashion, por ser una de las variedades con mayor contenido en L-cit [11]. El enriquecimiento en L-cit se realizó de forma exógena añadiéndose a un zumo de sandía previamente elaborado y pasteurizado (ZSEC). Como PLA se elaboró una bebida con características organolépticas similares al zumo de sandía pero exenta de L-citrulina.

2.2 Diseño del estudio con voluntarios

En este estudio, se utilizó un diseño cruzado, doble ciego, aleatorizado, en el que cada voluntario actuaba a su vez como su propio control. Se seleccionaron 21 voluntarios varones corredores amateurs (edad: $35,3 \pm 11,4$ años, altura: $175,5 \pm 7,6$ cm, peso: $73,6 \pm 79,1$ kg), con experiencia en entrenamiento de resistencia y en competiciones de media maratón.

2.3 Diseño experimental

Se realizaron 2 carreras de media maratón distanciadas 14 días para permitir la recuperación del voluntario. Dos horas antes del inicio de las carreras, se suministraron aleatoriamente ZSEC o PLA a cada voluntario. Para evaluar la funcionalidad del ZSEC, se determinaron parámetros analíticos como la percepción subjetiva del esfuerzo realizado (RPE, Rate of Percived Exertion) y la percepción subjetiva al dolor muscular (DOMS). Para evaluar la RPE se utilizó la “Escala de Esfuerzo Percibido de Borg” [12], con valores comprendidos entre 6 y 20; donde 6 indica un ejercicio muy, muy suave y 20 muy, muy intenso. La DOMS se evaluó justo al finalizar la carrera y transcurridas 24, 48 y 72 h, mediante una escala de 5 puntos, donde 1 significa que el participante no siente dolor y 5 cuando el dolor es máximo, con incapacidad física en un entrenamiento inmediato. Además se realizaron extracciones sanguíneas, para determinar el contenido de arginina y lactato, antes de las pruebas deportivas (nivel basal), inmediatamente después de las carreras (post-carrera) y transcurridas 24, 48 y 72 horas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la RPE, no se observaron diferencias significativas entre PLA y ZSEC, obteniéndose valores de $15,4 \pm 1,9$ y $15,4 \pm 1,8$, respectivamente. Esto demuestra que las carreras fueron de máximo esfuerzo. Con respecto a la DOMS, no se observaron diferencias en post-carrera. Sin embargo, los voluntarios que ingirieron ZSEC percibieron un menor dolor muscular a las 24, 48 y 72 h post-carrera frente a los que tomaron PLA (datos no mostrados). Estos resultados se correlacionan con los de Bendahan et al. [13] quienes demostraron que la L-cit facilitaba la recuperación de la fatiga muscular después del ejercicio físico.

Los voluntarios que ingirieron ZSEC incrementaron las concentraciones plasmáticas de arginina y en la concentración de lactato, post-carrera (Fig. 1). Estudios previos han observado resultados similares [3]. Estos resultados respaldan los reportados por Schaefer et al. [14] quienes demostraron que un aumento en la concentración de arginina reducía el incremento de lactato inducido por el ejercicio.

4. CONCLUSIONES

El zumo enriquecimiento en L-cit incrementó las concentraciones plasmáticas de arginina, disminuyó la percepción de dolor muscular a las 24, 48 y 72 h post-carrera, y las concentraciones de lactato fueron inferiores a las obtenidas con PLA.

5. AGRADECIMIENTOS

A la Asociación Grupo Fashion (AGF) la financiación recibida para realizar este estudio.

6. REFERENCIAS

[1] Ozen A.E., Pons A., Tur J.A. 2012. Worldwide consumption of functional foods: a systematic review. *Nutr. Rev.* 70(8): 472-481.

[2] Curis E., Nicolis I., Moinard C., Osowska S., Zerrouk N., Bénazeth S., Cynober L. 2005. Almost all about citrulline in mammals. *Amino Acids.* 29: 177-205.

[3] Mandel H., Levy N., Izkovitch S., Korman, S. H. 2005. Elevated plasma citrulline and arginine due to consumption of *Citrullus vulgaris* (watermelon). *J. Inherit. Metab. Dis.* 28: 467-472.

[4] Tarazona-Díaz M.P., Alacid F., Carrasco M., Martínez I., Aguayo E. 2013. Watermelon juice: a potential functional drink for enhancing anaerobic performance and relieve muscle soreness in athletes. *J. Food Chem.* 61: 7522-7528.

[5] Blasco-Alonso J, Sánchez-Yáñez P, Rosa Camacho V, Camacho Alonso J.M., Yahyaoui Macías R, Gil-Gómez R, Milano Manso G. 2015. La cinética de la citrulina y la arginina y su valor como factor pronóstico en pacientes pediátricos críticamente enfermos. *Anales de Pediatría* 83(4): 257-263.

[6] Osowska S, Moineard C, Loi C, Neveux N, Cynober L. 2004. Citrulline increases arginine pools and restores nitrogen balance after massive intestinal resection. *Gut*. 53: 1781-1786.

[7] Suzuki T, Morita M, Kobayashi Y, Kamimura A. 2016. Oral L-citrulline supplementation enhances cycling time trial performance in healthy trained men: Double-blind randomized placebo-controlled 2-way crossover study. *J. Int. Soc. Sport Nutr.* 13: 1-8.

[8] Bescós R, Sureda A, Tur J.A., Pons A. 2012. The effect of nitric-oxide-related supplements on human performance. *Sports Med.* 42(2): 99-117.

[9] Córdova A, Sureda A, Tauler P, Ferrer M.D, Villa G, Tur J.A., Pons A. 2005. Efectos de la citrulina sobre la producción de óxido nítrico y la eliminación del nitrógeno de las proteínas durante una actividad física intensa. *Arch. Med. Deporte* 22: 497-498.

[10] Cutrufello PT, Gadomski SJ, Zavorsky GS. The effect of L-citrulline and watermelon juice supplementation on anaerobic and aerobic exercise performance. 2015. *J. Sports Sci.* 33(14): 1459-1466.

[11] Tarazona-Díaz M.P, Viegas J, Moldao Martins M, Aguayo E. 2011. Bio-active compounds of different cultivars from flesh and by-product of fresh-cut watermelons. *J. Sci. Food Agric.* 91: 805-812.

[12] Borg G. 1998. Borg's Perceived Exertion and Pain scales. Human Kinetics, Champaign, IL, USA. Pp. 104.

[13] Bendahan D, Mattei J. P., Ghattas B, Confort-Gouny S, Le Guern M.E., Cozzone P.J. 2002. Citrulline malate promotes aerobic energy production in human exercising muscle. *Br. J. Sport Med.* 36: 282-289.

[14] Schaefer A, Piquard F, Geny B, Doutreleau S, Lampert E, Mettauer B, Lonsdorfer J. L-arginine reduces exercise-induced increase in plasma lactate and ammonia. 2002. *Int. J. Sports Med.* 23: 403-407.

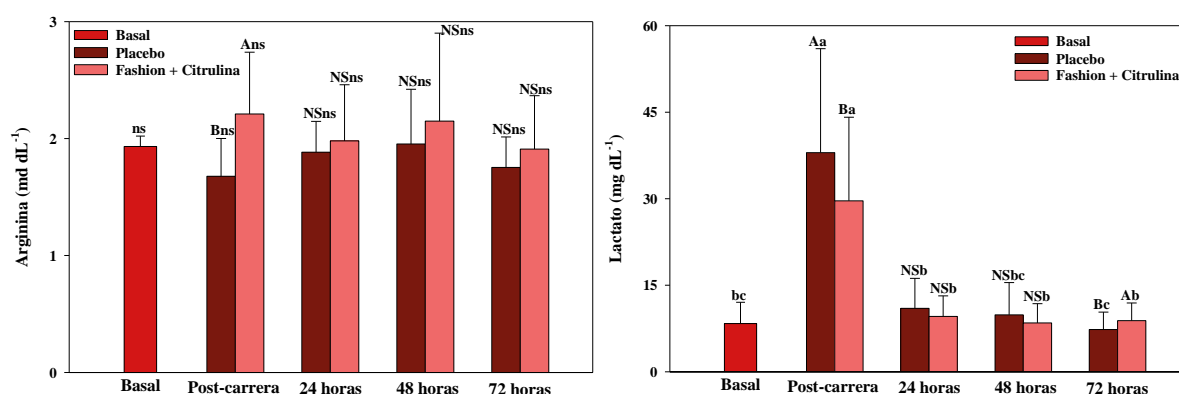


Figura 1. Evolución de la concentración de arginina y lactato plasmático tras la ingesta del placebo (PLA) respecto del zumo enriquecido con citrulina (ZSEC). Letras mayúsculas comparan las bebidas para un mismo tiempo y minúsculas la misma bebida a lo largo del tiempo.