



Revisión

Fraude en suplementos nutricionales para deportistas: revisión narrativa

Fraud in nutritional supplements for athletes: a narrative review

José Miguel Martínez-Sanz¹, Fernando Mata², Miguel Sala Ripoll³, José María Puya Braza⁴, Asier Martínez Segura¹, Antonio Jesús Sánchez Oliver⁵ y Juan Manuel Cortell Tormo⁶

¹Departamento de Enfermería. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Alicante. Alicante. ²Centro de Estudios Avanzados en Nutrición. Córdoba. ³Facultad de Educación. Universidad de Alicante. Alicante. ⁴Alimentología. Sport Nutrition & Food Science. Cádiz. ⁵Departamento de Motricidad Humana y Rendimiento Deportivo. Universidad de Sevilla. Sevilla. ⁶Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas. Facultad de Educación. Universidad de Alicante. Alicante

Resumen

El uso de suplementos nutricionales (SN) es una práctica muy extendida tanto entre los deportistas profesionales como entre los amateurs. Su elección debe realizarse basándose en criterios de seguridad, legalidad y eficacia. Son varios los riesgos que algunos de estos productos pueden desencadenar, siendo motivo de fraude para el consumidor. A modo de ejemplo, la presencia de una sustancia legal en dosis superiores a sus recomendaciones puede ocasionar efectos secundarios indeseados; por el contrario, su presencia en cantidades inferiores a las necesarias (umbral efectivo) puede no provocar el efecto esperado o anunciado por el producto. Por ello, el objetivo de la presente revisión es describir la existencia de fraude en relación con el etiquetado nutricional y/o el contenido de los SN destinados a deportistas. Se realizó una revisión narrativa a través de Pubmed en la que 16 estudios cumplieron los criterios de inclusión. Los resultados muestran que el etiquetado nutricional difiere de la cantidad real de ingredientes. Este tipo de fraude se ha encontrado en suplementos de proteína en polvo, mezclas preentrenamiento, creatina y bebidas que contienen vitaminas y minerales, entre otros. El fraude debido a errores en el etiquetado, por omisión de sustancias presentes en el producto o por errores en el análisis o declaración de las cantidades, es alto. Esta falta de transparencia en la composición real del etiquetado puede contribuir a problemas de rendimiento deportivo y/o de salud en el deportista. Por lo tanto, es necesaria una mejora de la legislación de los SN para garantizar su seguridad, eficacia y legalidad.

Palabras clave:

Suplementos deportivos. Ayudas ergogénicas. Rendimiento deportivo. Nutrición deportiva. Etiquetado nutricional. Seguridad alimentaria.

Abstract

The use of nutritional supplements (NSs) is a widespread practice in both professional and amateur athletes. Their choice must be based on criteria of safety, legality, and effectiveness. There are several risks that some of these products can trigger, this being a reason for fraud to the consumer. By way of example, the presence of a legal substance in doses higher than its recommendation may cause unwanted side effects; on the other hand, its presence in quantities lower than necessary (effective threshold) may not have the effect expected or announced by the product. Therefore, the objective of this review was to describe the existence of fraud in relation to nutritional labeling and/or to the content of NSs intended for athletes. A narrative review was conducted through PubMed in which 16 studies met the inclusion criteria. The results show that nutritional labeling differs from the actual amounts of ingredients. This type of fraud has been found in protein powder supplements, pre-workout mixtures, creatine, and beverages containing vitamins and minerals, among others. Fraud due to errors in the labeling by omission of substances present in the product or by errors in the analysis or declaration of quantities, is high. This lack of transparency in the actual composition of labels can contribute to sports performance and/or health problems in the athlete. Therefore, an improvement of the legislation on NS is necessary to ensure their safety, effectiveness, and legality.

Keywords:

Sports supplements. Ergogenic aids. Sports performance. Sports nutrition. Nutrition labeling. Food safety.

Recibido: 27/10/2020 • Aceptado: 15/03/2021

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Fuentes de financiación: los autores declaran que no han tenido fuentes de financiación.

Autoría: J.M.M-S., J.M.C.T. y M.S.R. diseñaron el estudio; J.M.P.B., J.M.M-S., A.M.S. y A.J.S.O. revisaron y supervisaron el estudio; M.S.R. y F.M. recopilaron los datos; J.M.C.T., J.M.P.B., A.J.S.O. y M.S.R. interpretaron los datos; J.M.M-S. M.S.R. y F.M. escribieron el manuscrito; J.M.C.T., J.M.P.B., A.J.S.O. y A.M.S. revisaron y editaron el manuscrito. Todos los autores aprobaron la versión final del manuscrito.

Martínez-Sanz JM, Mata F, Sala Ripoll M, Puya Braza JM, Martínez Segura A, Sánchez Oliver AJ, Cortell Tormo JM. Fraude en suplementos nutricionales para deportistas: revisión narrativa. Nutr Hosp 2021;38(4):839-847

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.03413>

Correspondencia:

José Miguel Martínez Sanz. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Alicante. Campus de Sant Vicent del Raspeig. Ap. 99. 03080 Alicante
e-mail: josemiguel.ms@ua.es

INTRODUCCIÓN

El consumo de suplementos nutricionales (SN) es una práctica extendida entre los deportistas de élite. Se estima que entre el 40 y el 100 % de los deportistas utilizan SN dependiendo del tipo de deporte, nivel de competición, edad, género o cultura propia del deporte (1,2). Los deportistas deciden consumir SN con el fin de mejorar el rendimiento y la salud, e incluso en algunos casos por motivos económicos bajo el patrocinio de algunas marcas comerciales. Sin embargo, los SN no pueden ser más que una parte menor de la estrategia del atleta y no deben compensar las malas elecciones de alimentos y una dieta inadecuada, excepto como estrategia a corto plazo cuando no es posible realizar cambios en dicha dieta (1,3) o para evitar o tratar deficiencias nutricionales derivadas de ciertas situaciones específicas o previas a ellas. Los deportistas recreativos muestran un patrón de consumo de SN similar al de los deportistas de élite, con motivaciones parecidas y un alto consumo de los mismos (4).

Como consecuencia, la industria de los suplementos deportivos ha sufrido un importante desarrollo para satisfacer esta creciente demanda. Se estima que, para 2027, la industria global de los suplementos se encontrará en los 230.700 millones de dólares, estando esta industria impulsada por una mayor conciencia sobre el estado físico y la salud y, en menor medida, por el deporte (2). Este mercado en rápido desarrollo se ve favorecido por la facilidad de acceso a la compra de cualquier artículo a través de internet, lo que genera una gran competitividad y la necesidad de ofrecer novedades continuamente (5). Este crecimiento de la industria y del consumo de los SN lleva consigo un riesgo para el consumidor final, el deportista de élite o recreativo. La seguridad debiera ser el primer eslabón para considerar en el uso de SN. Sin embargo, los datos ofrecidos por estudios como el de Geller y cols. (2015) estiman que unas 23.000 visitas a Urgencias cada año se deben a eventos adversos relacionados con los SN (6).

Tal y como expresan Maughan y cols. (2018), sería razonable esperar que un SN comprado a través de internet contenga los ingredientes que figuran en la etiqueta y nada más. Por desgracia, esto no es así, existiendo casos en los que diferentes SN han mostrado contener sustancias no informadas en la etiqueta, dosis superiores o inferiores a las informadas, u otro tipo de contaminación capaz de perjudicar la salud, el rendimiento deportivo o la vida deportiva del atleta, haciéndolo incurrir en un positivo por dopaje no intencionado (1,7). La presencia de sustancias cuyo uso se encuentra prohibido en el deporte puede deberse a un proceso de fabricación inadecuado, ya sea por contaminación fortuita del producto o por adulteración deliberada con objeto de potenciar algunos de los efectos anunciados en el etiquetado. Teniendo en cuenta que la mayor causa de dopaje involuntario es el uso inadecuado e incorrecto de los SN (8), y que el deportista es el responsable final según el código de responsabilidad estricta de la Agencia Mundial Antidopaje (AMA) (9), sería ético pensar que los profesionales de la salud y el deporte deben evaluar la legalidad, seguridad y eficacia de los SN para deportistas con el fin de minimizar el riesgo de estos, favoreciendo además que su decisión esté basada en la evidencia científica y los criterios de uso (2).

La veracidad de la información expresada en la etiqueta del producto es importante y puede representar un fraude al consumidor en el caso de que la cantidad real presente de sus ingredientes no se ajuste a la cantidad indicada en la etiqueta. La etiqueta del producto representa una forma de influir en la decisión de compra del consumidor, observándose que hasta el 70 % pueden verse muy influenciados por la información que se presenta en la misma (5). Las variaciones del contenido real con respecto al mostrado en el etiquetado tienen implicaciones más allá del fraude al consumidor, ya sea por los efectos que cantidades superiores a las recomendadas pueden tener sobre la salud o el rendimiento deportivo, convirtiéndose en sustancias ergolíticas, o bien por la ineficacia de los efectos esperados debido a una cantidad inferior a la anunciada, repercutiendo por lo tanto en la mejora del rendimiento deportivo, la salud o la recuperación de los deportistas (10).

El objetivo del presente trabajo es mapear, describir y discutir si existe fraude en relación con el etiquetado nutricional y el contenido de los SN destinados a deportistas desde un punto de vista teórico y contextual, para permitir futuras investigaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio descriptivo de revisión narrativa para responder a las preguntas de investigación siguientes: a) ¿Existe fraude en la descripción de la composición nutricional en los suplementos dietéticos destinados a deportistas? b) ¿Cuáles son los tipos de complementos alimenticios en los que se encuentran este tipo de fraudes?

Se realizó una búsqueda estructurada en la base de datos PubMed durante febrero de 2020. Para encontrar el mayor número de artículos disponibles relacionados con la pregunta de investigación, se establecieron las palabras de la estrategia de búsqueda considerando: 1) Los descriptores del Medical Subjects Headings (MeSH); 2) Otros términos descritos en MeSH como "entry terms", que recogen la terminología anterior al registro del MeSH; y 3) Los términos [tiab] o [Title/Abstract] unidos a los "entry terms" o MeSH en singular o plural, que permiten localizar estos términos en el título y el resumen de los artículos. Las palabras y la estrategia de búsqueda fueron:

(Supplements[tiab] OR supplement[tiab] OR "dietary supplement, SPORT" [Supplementary Concept] OR commercial supplements[tiab]) AND (ingredient[tiab] OR ingredients[tiab] OR Quality[tiab] OR Qualities[tiab] OR "Product Labeling"[Mesh] OR Product Labeling[tiab] OR Labeling[tiab] OR Product Labeling[tiab] OR Labelling[tiab] OR OR composition[tiab] OR content[tiab] OR "Fraud"[Mesh] OR Fraud[tiab] OR fraud[tiab] OR "analysis" [Subheading] OR analysis[tiab] OR determination[tiab]) AND ("Athletes"[Mesh] OR Athletes[tiab] OR Athlete[tiab] OR sportmen[tiab]).

La búsqueda finalizó después de rastrear de forma manual las referencias relevantes que tuvieran relación con el tema de los artículos seleccionados y empleando el apartado "Cited by" disponible en cada artículo, el cual nos arroja todos aquellos estudios en los que se ha citado el artículo original.

Los artículos seleccionados para la revisión bibliográfica deben cumplir los siguientes criterios de inclusión:

- Estudios sobre errores en el etiquetado con respecto a las cantidades y/o la composición del producto.
- Publicados en inglés o en español.
- Publicados en cualquier país.

Para la selección de los artículos se realizaron dos cribas del cumplimiento de los criterios de inclusión establecidos: una primera criba por dos autores ajenos a la temática y de forma separada, y la segunda criba por dos autores relacionados con la temática y de forma separada.

El protocolo de selección de artículos para este estudio estaba compuesto por las siguientes variables:

- Estudio: autores y año de publicación
- Objetivo: propósito por el cual se ha llevado a cabo el estudio
- Muestra: tipo y número de suplementos analizados
- Análisis efectuado: Procedimiento utilizado para determinar la cantidad real de ingredientes.
- Principales resultados: datos que se obtienen del estudio, en los que se muestra si se han logrado los objetivos propuestos
- Conclusiones: obtenidas de la investigación y de los propios autores.

RESULTADOS

En total, 16 artículos cumplieron los criterios de inclusión. En la tabla I se encuentran las variables del estudio de revisión narrativa. La columna 1 muestra los autores del artículo. La columna 2 indica que el propósito de la mayoría de los estudios era determinar el contenido real de los ingredientes del SN. Las características de la muestra de suplementos o sujetos del estudio figuran en la columna 3. La columna 4 describe los procedimientos empleados para el análisis. La columna 5 enumera los principales resultados y la columna 6, las conclusiones de los estudios incluidos en la revisión.

En cuanto al tipo de muestras seleccionadas, se incluyeron más de 10 tipos de SN, entre los que hay fórmulas de pre-entrenamiento, proteína en polvo, creatina, cafeína, bebidas multi-ingredientes y compuestos de hierbas, entre otros. Los estudios que determinaban la cantidad real de ingredientes en el SN concluían que el producto no se correspondía con lo declarado en la etiqueta o estaba compuesto por dosis no efectivas.

DISCUSIÓN

En este trabajo se muestra en los SN comercializados un tipo de fraude en el que los ingredientes o las cantidades de algunos de ellos no se corresponden con lo declarado en la etiqueta, aunque se necesitan estudios más completos para conocer la extensión y la prevalencia de este tipo de problemas. Podemos afirmar que los factores descritos anteriormente y que afectan a la calidad de los alimentos y los SN pueden y deben considerarse como un

problema de salud pública evitable. Existe la necesidad de que los diferentes estamentos políticos relacionados con la salud y la seguridad alimentaria establezcan medidas de control de los procedimientos en toda la cadena de producción, con el objetivo de que los SN existentes en el mercado sean seguros y legales, más allá de presentar una evidencia suficiente sobre su eficacia. Esto exige el cumplimiento del principio general de veracidad y la demostración de la información contenida en el etiquetado de estos productos antes de su comercialización. Es importante considerar que muchos deportistas deciden usar como parte de su estrategia nutricional el uso de SN, asesorados, la mayoría de las veces, por personal no cualificado en nutrición deportiva como es el caso de entrenadores, compañeros del propio equipo o familiares y amigos (27). Este tipo de asesoramiento no cualificado resalta aun más la necesidad de una regulación estricta de los SN, más aun existiendo la posibilidad de encontrar sustancias que no aparezcan en el etiquetado y que estén prohibidas por la AMA, así como la falta de precisión en el etiquetado de estos productos en términos de cantidad (28-31).

Los estudios que cumplieron los criterios de inclusión presentan discrepancias entre la cantidad de ingredientes declarada en el etiquetado del producto y la real. Esto es especialmente común en los SN que contienen cafeína como ingrediente principal, reclamo habitual de los fabricantes de fórmulas de pre-entrenamiento. Uno de los estudios seleccionados mostró que 6 de los 15 SN analizados incluían detalles sobre el contenido de cafeína en el etiquetado, y el porcentaje hallado tenía una variación de entre el 59 % y el 176 % con respecto al declarado en el panel nutricional (24). Este tipo de negligencia no es exclusiva de los SN, ya que se ha evidenciado también en otros tipos de productos como son los complementos dietéticos, los alimentos y los productos alimentarios (11,17,32). Además, en los estudios revisados, la diferencia entre el contenido real y el declarado existía tanto por exceso como por defecto (18,20,21). En el primer caso, esto deriva en un problema de salud, al consumirse una dosis por encima de la cantidad diaria recomendada incluso si se siguen las recomendaciones del fabricante. En el segundo, el rendimiento se ve afectado al consumir la sustancia en una dosis por debajo del umbral efectivo (33).

A pesar de la legislación propuesta y la presión ejercida por los gobiernos y varias organizaciones, como la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, la AMA y el Comité Olímpico Internacional, aún siguen existiendo fraudes en la comercialización de estos SN a tres niveles: declaraciones de propiedades saludables en la publicidad del producto (i), etiquetado incorrecto (ii) y adulteración/presencia de sustancias prohibidas por la WADA (iii) (8,34,35). Esto da a entender que la legislación actual no es muy severa y debe modificarse (34). Los deportistas no están bien informados o aconsejados en cuanto a la pauta de consumo de SN, lo que lleva, por un lado, a un consumo de SN sin evidencias sobre su beneficio o al consumo de sustancias que pueden perjudicar la salud y/o el rendimiento por falta de información sobre ellos (36,37), y por el otro a comprar y consumir SN que indican beneficios erróneos mediante declaraciones de propiedades saludables incorrectas, o que pueden contener sustancias prohibidas por la WADA (9,38) que no están declaradas en el etiquetado nutricional (7).

Tabla I. Características de artículos que analizan cantidades declaradas en el etiquetado no correspondientes con la realidad

Estudio	Objetivo	Muestra	Análisis efectuado	Principales resultados	Conclusiones
Cerezo y cols. (2016) (11)	Evaluar la pureza y la dosis de suplementos de melatonina comerciales	Siete suplementos en supermercados de San Francisco, California (EE. UU.) y diez en farmacias de España en tres tipos de formato: comprimidos (12 muestras), cápsulas (4 muestras) y sobres (1 muestra)	Cromatografía líquida con detector de espectrofotometría de series de diodos (LC-DAD)	La dosis de melatonina en la etiqueta varió en 1-1,95 mg/unidad y 0,3-5 mg/unidad en los suplementos comercializados en España y EE UU, respectivamente. Cuatro de 17 muestras mostraron desviaciones significativas del contenido de melatonina declarado en la etiqueta (de -60 % a -20 %). Ninguna muestra analizada mostró un contenido de melatonina más alto que la cantidad declarada	La mayoría de los suplementos (11 de 17) presentaron un 1-15 % menos de la melatonina declarada en la etiqueta
Erland y Saxena (2017) (12)	Determinar el contenido real de melatonina en suplementos comerciales	Se adquirieron treinta suplementos comerciales de melatonina en supermercados y farmacias locales de Guelph, Ontario, Canadá. Los suplementos provenían de 16 marcas diferentes y se encontraban en forma de líquidos, cápsulas y comprimidos	Cromatografía líquida de ultra-alta resolución (UPLC)	El contenido de melatonina analizado obtuvo una variabilidad entre el -83 % y el +478 % del contenido marcado en la etiqueta. Se halló una variabilidad hasta del 465 % en el contenido de la sustancia entre lotes diferentes del mismo producto	Los resultados del análisis revelaron una variación significativa en el contenido de melatonina
Al-Khadhra (2020) (13)	Determinar el contenido de cafeína en varios suplementos estimulantes comerciales	Se adquirieron siete suplementos estimulantes comerciales que contienen cafeína en la cadena de tiendas Holland & Barrett. Todos los suplementos se encontraban en forma de cápsulas o en polvo	Cromatografía líquida de alta eficiencia con detector de arreglo de diodos (HPLC-DAD) y cromatografía de líquidos con espectrómetro de masa (LC-MS)	La concentración de cafeína varió en el 57 % de las muestras analizadas	El análisis mostró un etiquetado inexacto de cafeína para algunos suplementos con respecto a la información recogida en el etiquetado
Chappell y cols. (2018) (14)	Determinar la supuesta relación 2:1 (citrulina:malato) de varios suplementos de citrulina-malato	5 suplementos comerciales de citrulina-malato de compañías de Reino Unido: Bulk Powders®, MyProtein™, Bodybuilding Warehouse™, Peak Supps y Trade Ingredients	Espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN)	Todos los productos contenían menor relación de citrulina:malato: Bulk Powders®: 1,1:1; MyProtein™: 1,51:1; Bodybuilding Warehouse™: 1,57:1; Peak Supps: 1,62:1; Trade Ingredients: 1,92:1	Los análisis mostraron que la relación "citrulina:malato" de los suplementos era menor que la marcada por los fabricantes
Sprague y cols. (2018) (15)	Examinar la composición de los ácidos grasos omega-3 "EPA" y "DHA" en suplementos de aceite de pescado en relación con el contenido marcado por el etiquetado	23 cápsulas de aceite de pescado de empresas de Reino Unido	Separación mediante cromatografía de capa fina de alta resolución (HPTLC)	De los 23 suplementos analizados, 11 contenían niveles más bajos de EPA y DHA con respecto a lo marcado en la etiqueta	Algunos suplementos de aceite de pescado pueden contener menor cantidad de los ácidos grasos EPA y DHA con respecto a lo que marcan los etiquetados

(Continúa en página siguiente)

Tabla I (Cont.). Características de artículos que analizan cantidades declaradas en el etiquetado no correspondientes con la realidad

Estudio	Objetivo	Muestra	Análisis efectuado	Principales resultados	Conclusiones
Albert y cols. (2015) (16)	Examinar la composición de los ácidos grasos omega-3 "EPA" y "DHA" en suplementos de aceite de pescado en relación con el contenido marcado por el etiquetado	32 suplementos de aceite de pescado en tiendas físicas o a través de internet en Nueva Zelanda	Cromatografía de gases	Solo 3 de los 32 suplementos analizados contenían una cantidad de EPA + DHA superior o igual a la etiqueta. Veintidós contenían más de dos tercios de los suplementos probados (22; 69 %) que contenían menos del 67 % Dos suplementos contenían aproximadamente un tercio de las concentraciones marcadas en la etiqueta de EPA + DHA	La mayoría de los suplementos de aceite de pescado analizados poseen contenidos de EPA y DHA muy por debajo de lo expuesto en el etiquetado
Ambrosio y cols. (2020) (17)	Cuantificar el contenido de ecdisterona en suplementos comerciales y compararlo con la información declarada en el etiquetado	12 suplementos comerciales que contienen ecdisterona de EE.UU., Reino Unido, Alemania y Luxemburgo	Espectrometría de masas en tándem en cromatografía líquida de ultra alta presión (UHPLC-MS/MS)	El 67 % de los suplementos contenían una cantidad mucho menor de ecdisterona con respecto a la indicada en el etiquetado. Solo 3 suplementos resultaron contener el contenido etiquetado a un nivel satisfactorio. En contraste, en seis suplementos la cantidad real que se encontró fue < 20 % de la cantidad informada en el etiquetado	La mayoría de los suplementos analizados referenciaban cantidades muy altas por cápsula (entre 100-500 mg), sin embargo, la realidad es que se encontraban cantidades excesivamente pequeñas, de alrededor de 6 mg por cápsula
Vinson JA y cols. (2019) (18)	Determinar el contenido de ácido clorogénico presente en suplementos comerciales de extracto de café verde	54 muestras de extractos de café verde comerciales a través de internet. Las muestras consistieron en cápsulas, geles suaves o paquetes de extractos en polvo	Cromatografía líquida de alta presión (HPLC)	La cantidad promedio marcada de ácido clorogénico era de 233 mg, mientras que el análisis reflejó 157 mg. Un número significativo de productos (13/54) tenían < 50 % del valor etiquetado tras el análisis en nuestro estudio	Es probable que el consumidor obtenga un producto que contenga un poco más de la mitad de la cantidad de ácido clorogénico marcado en el etiquetado
Yadav y cols. (2018) (19)	Determinar el contenido de suplementos probióticos de <i>Bacillus clausii</i> comerciales	12 muestras totales de tres formulaciones diferentes de probióticos que contienen <i>Bacillus clausii</i>	MALDI-TOF MS y método de Miles y Mishra	Solo uno de los tres suplementos contenía una población homogénea de <i>Bacillus clausii</i> . Ninguno de los tres contenía el recuento bacteriano exacto que marcaba el etiquetado	Los resultados están de acuerdo con otros estudios realizados en probióticos: las declaraciones del etiquetado no siempre corresponden con la realidad

(Continúa en página siguiente)

Tabla 1 (Cont.). Características de artículos que analizan cantidades declaradas en el etiquetado no correspondientes con la realidad

Estudio	Objetivo	Muestra	Análisis efectuado	Principales resultados	Conclusiones
Garrido y cols. (2016) (20)	Determinar las fuentes de proteínas de los suplementos basados en proteína de suero y comprobar si existe algún tipo de adulteración en el etiquetado	16 muestras de concentrados o aislados de sueros de leche comercializados en Brasil	Espectrometría de masas (<i>multiplexed DIA</i>)	El 37 % de las muestras contenían proteínas de fuentes vegetales. Se encontraron bajos niveles de b-lactoglobulina en algunas muestras, lo que podría indicar la adición de proteína de leche completa	Los resultados muestran una posible adulteración de las muestras durante la fabricación de proteínas del suero
Schönfeldt y cols. (2019) (21)	Investigar la composición nutricional y la calidad de suplementos de proteínas en comparación con las declaraciones marcadas en la etiqueta de los productos	70 muestras de proteína en polvo disponibles en la provincia de Gauteng (Sudáfrica)	Proteína bruta (Dumas), perfil de aminoácidos (HPLC)	El análisis proteico reveló unas cantidades que diferían significativamente respecto a lo declarado en el etiquetado en casi el 70 % de los productos. El 30 % de las muestras se desviaron en un 10 % de la cantidad de proteínas declarada en la etiqueta, mientras que casi el 70 % se desvió en un 5% o más de la cantidad de proteína declarada en la etiqueta	Los resultados muestran unas cantidades de proteína menores que las declaradas en la etiqueta en la mayoría de los productos analizados
Gallardo y cols. (2019) (22)	Determinar el contenido real de nitrato (NO_3^-) y nitró (NO_2^-) en varios suplementos de zumo de remolacha	45 lotes de 24 diferentes productos de zumo de remolacha ($n = 6$ de cada variante: polvos, bebidas mixtas, concentrados y zumo a granel)	Una pequeña alícuota de cada producto diluido y la concentración de nitrato y nitró medida mediante la inyección de 10 μL en una cromatografía líquida de alto rendimiento	Aunque se hallaron trazas de nitró en todos los productos, la cantidad era por lo general muy baja ($\leq 0,05$ mmol/ración), excepto en dos productos (<i>SuperBeets</i> y <i>Beet Elite</i> , ambos de <i>HumanM</i>) que de media contenían 0,14 y 0,22 mmol/ración, respectivamente	Existe una marcada variación entre los diferentes tipos de productos analizados y, a menudo, incluso en diferentes muestras del mismo producto. Se destaca la importancia de medir el contenido real de ciertas sustancias declaradas en los suplementos
Ináncio y cols. (2016) (23)	Evaluar el contenido de creatina y cafeína en suplementos nutricionales comúnmente consumidos por jugadores de fútbol, así como verificar que los contenidos se corresponden con lo declarado en la etiqueta	Suplementos nutricionales utilizados por más del 50 % de los jugadores encuestados ($n = 374$). Estos se adquirieron de proveedores en línea en dos diferentes lotes de cada producto seleccionado	Sistema de cromatografía líquida de alto rendimiento. Consistía en una bomba binaria modelo LC-20AD (Shimadzu), un muestreador automático modelo SIL20AC HT (Shimadzu), un horno de columna modelo CTO-20A (Shimadzu) y un detector SPD-20MA UV-VIS	De los ocho suplementos que presentaron valores estadísticamente diferentes a sus etiquetas, se demostró que 4 de ellos contenían una cantidad de cafeína inferior a la declarada y 4 una superior, por lo que solo uno de los suplementos analizados fue consistente en cuanto a la cantidad de cafeína indicada en la etiqueta	El contenido de cafeína en los suplementos analizados mostró una gran discrepancia con los valores declarados en las etiquetas. El contenido de creatina en los suplementos también presentó diferencias en comparación con la etiqueta, aunque en menor medida que los suplementos de cafeína

(Continúa en página siguiente)

Tabla I (Cont.). Características de artículos que analizan cantidades declaradas en el etiquetado no correspondientes con la realidad

Estudio	Objetivo	Muestra	Análisis efectuado	Principales resultados	Conclusiones
Desbrow y cols. (2018) (24)	<p>Evaluar de forma independiente el contenido de cafeína de los suplementos pre-entrenamiento populares en Australia y comparar estos valores con los datos del panel de información nutricional</p>	<p>15 suplementos pre-entrenamiento diferentes, todos ellos disponibles para su compra en Australia (<i>online</i> y en tiendas físicas especializadas)</p>	<p>Sistema de cromatografía líquida de alto rendimiento. Se colocaron 100 µL de muestra en un tubo al que se agregaron 200 µL de solución de ácido tricloroacético al 20 %. La muestra se agitó en vórtex durante 30" y luego se centrifugó a 14.000 rpm durante 30'. Después se colocaron 200 µL del sobrenadante en viales de vidrio de HPLC y se analizaron</p>	<p>Solo 6 de los 15 suplementos pre-entrenamiento analizados incluían detalles sobre el contenido de cafeína en el panel de información nutricional. El porcentaje hallado variaba entre el 59 % y el 176 % con respecto al declarado en la etiqueta</p>	<p>El análisis reveló que los suplementos pre-entrenamiento rara vez contienen una concentración consistente de cafeína. Colectivamente, los resultados sugieren que el uso de estos suplementos podría fácilmente manifestarse en dosis de cafeína que producen respuestas ergogénicas inconsistentes</p>
Kohler y cols. (2010) (25)	<p>Ofrece una descripción general de los productos que se analizaron en el Laboratorio de Control de Dopaje de Colonia en 2009 y ofrece una descripción general de las clases de sustancias y el número sorprendentemente pequeño de productos que contienen exactamente lo declarado en la etiqueta</p>	<p>Se analizaron varios productos diferentes obtenidos de diversas fuentes, como aduanas, policías y autoridades nacionales antidopaje, o se compraron sin receta médica como SN. La mayoría de los productos contenían sustancias basadas en proteínas o péptidos, muchos de los cuales no estaban de acuerdo con sus etiquetas respectivas o contenían análogos o artefactos poco purificados</p>	<p>Métodos de cromatografía líquida y espectrometría de masas</p>	<p>De los productos confiscados, solo 4 de 11 contenían la sustancia y la cantidad declaradas en la etiqueta. El factor de crecimiento 1 (R3-IGF-I) y las hormonas de crecimiento humano fueron las proteínas detectadas (o al menos etiquetadas) con mayor frecuencia (tres productos cada una), lo que puede indicar que también se piden y se usan con mucha frecuencia</p>	<p>El conocimiento de los nuevos productos en el mercado negro y en los SN es de suma importancia para que los laboratorios desarrollen métodos de detección en consecuencia y detecten nuevas sustancias lo antes posible</p>

(Continúa en página siguiente)

Tabla I (Cont.). Características de artículos que analizan cantidades declaradas en el etiquetado no correspondientes con la realidad

Estudio	Objetivo	Muestra	Análisis efectuado	Principales resultados	Conclusiones
Jagim y cols. (2019) (26)	Examinar el etiquetado de los suplementos pre-entrenamiento multi-ingrediente (MIPS) más utilizados y disponibles en EE.UU. Para caracterizar los perfiles de ingredientes comunes y ayudar a establecer una definición estándar para los productos MIPS	Los 100 principales MIPS disponibles en el mercado se identificaron y compilaron a través de un distribuidor minorista <i>online</i> (www.bodybuilding.com) en 2018	Se realizó un análisis descriptivo y de frecuencias básico para los ingredientes incluidos en cada producto con el fin de crear un perfil de ingredientes común para los MIPS. Después se empleó el análisis de regresión lineal	La media \pm número de ingredientes por suplemento ($n = 100$) fue de $18,4 \pm 9,7$, con $8,1 \pm 9,9$ de estos ingredientes incluidos en una mezcla patentada en cantidades no reveladas. La prevalencia relativa y las cantidades medias de los ingredientes principales fueron: beta-alanina (87% ; $2,0 \pm 0,8$ g), cafeína (86% ; $254,0 \pm 79,5$ mg), citrulina (71% ; $4,0 \pm 2,5$ g), tirosina (63% ; $348,0 \pm 305,7$ mg), taurina (51% ; $1,3 \pm 0,6$ g) y creatina (49% ; $2,1 \pm 1,0$ g). Casi la mitad ($44,3\%$) de todos los ingredientes se incluyeron como parte de una mezcla patentada con cantidades no reveladas de cada uno de ellos	Los hallazgos de la presente investigación indicaron que la beta-alanina y la citrulina son los ingredientes más comunes que se encuentran en los suplementos pre-entrenamiento de múltiples ingredientes. La cantidad promedio de beta-alanina por tamaño de porción estaba por debajo de la dosis eficaz recomendada. El contenido promedio de cafeína estaba cerca del mínimo de la dosis relativa efectiva para un individuo de 70 kg ($3-6$ mg \cdot kg $^{-1}$ de peso corporal)

MALDI-TOF MS: Matrix-Assisted Laser Description/Ionization—Time-of-Flight Mass Spectrometry.

Entre las limitaciones que cabría mencionar en el presente trabajo, la principal sería la variedad de los compuestos analizados y el tipo de muestra recogida para llevar a cabo los análisis, lo que dificulta la clasificación de los estudios.

Como conclusiones del estudio, destacamos que el fraude debido a errores en el etiquetado es elevado, ya sea por omisión de sustancias presentes en el producto o por errores en el análisis o la declaración de las cantidades. a, aunestos, en algunos de sus ingredientes. La falta de veracidad en las etiquetas y la omisión de sustancias comprometen la salud y el rendimiento deportivo del consumidor. Además Cabe señalar que el riesgo de consumo de SN debe ser analizado por los deportistas junto con el asesoramiento de un profesional sanitario responsable de su evaluación en relación con su necesidad, seguridad, eficacia y legalidad. Se hace necesaria una legislación específica sobre el control y calidad de los SN en la que sería útil la creación de un sello oficial estandarizado para todas las marcas de SN en relación a la pureza de su composición, similar a los ya existentes en la actualidad para los alimentos libres de gluten o para los alimentos ecológicos o biológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Garthe I, Maughan RJ. Athletes and Supplements: Prevalence and Perspectives. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2018;28(2):126-38. DOI: 10.1123/ijsnem.2017-0429
- Garthe I, Ramsbottom R. Elite athletes, a rationale for the use of dietary supplements: A practical approach. *PharmaNutrition* 2020;14:100234. DOI: 10.1016/j.phanu.2020.100234
- Maughan RJ, Shirreffs SM, Verne A. Making Decisions About Supplement Use. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2018;28(2):212-9. DOI: 10.1123/ijsnem.2018-0009
- Sanchez-Oliver AJ, León MT, Hernández EG. Estudio estadístico del consumo de suplementos nutricionales y dietéticos en gimnasios. *Arch Latinoam Nutr* 2008;58(3):221-7.
- Gabriels G, Lambert M. Nutritional supplement products: Does the label information influence purchasing decisions for the physically active? *Nutr J* 2013;12:133. DOI: 10.1186/1475-2891-12-133
- Geller AI, Shehab N, Weidle NJ, Lovegrove MC, Wolpert BJ, Timbo BB, et al. Emergency Department Visits for Adverse Events Related to Dietary Supplements. *New England Journal of Medicine* 2015;373(16):1531-40. DOI: 10.1056/NEJMs1504267
- Martínez-Sanz JM, Sospedra I, Ortiz CM, Baladía E, Gil-Izquierdo A, Ortiz-Moncada R. Intended or Unintended Doping? A Review of the Presence of Doping Substances in Dietary Supplements Used in Sports. *Nutrients* 2017;9(10). DOI: 10.3390/nu9101093
- Mathews NM. Prohibited Contaminants in Dietary Supplements. *Sports Health* 2018;10(1):19-30. DOI: 10.1177/1941738117727736
- The Code [Internet]. World Anti-Doping Agency; 2013 [citado 29 de julio de 2019]. Disponible en: <https://www.wada-ama.org/en/what-we-do/the-code>
- Jagim AR, Jones MT, Wright GA, St Antoine C, Kovacs A, Oliver JM. The acute effects of multi-ingredient pre-workout ingestion on strength performance, lower body power, and anaerobic capacity. *J Int Soc Sports Nutr* 2016;13:11. DOI: 10.1186/s12970-016-0122-2
- Cerezo AB, Leal Á, Álvarez-Fernández MA, Hornedo-Ortega R, Troncoso AM, García-Parrilla MC. Quality control and determination of melatonin in food supplements. *Journal of Food Composition and Analysis* 2016;Comple- (45):80-6. DOI: 10.1016/j.jfca.2015.09.013
- Erland LAE, Saxena PK. Melatonin Natural Health Products and Supplements: Presence of Serotonin and Significant Variability of Melatonin Content. *J Clin Sleep Med* 2017;13(2):275-81. DOI: 10.5664/jcsm.6462
- Al-Khadhra RS. The determination of common anabolic steroid and stimulants in nutritional supplements by HPLC-DAD and LC-MS. *Journal of Chromatographic Science* 2020;58(4):355-61. DOI: 10.1093/chromsci/bmz121

14. Chappell AJ, Allwood DM, Johns R, Brown S, Sultana K, Anand A, et al. Citrulline malate supplementation does not improve German Volume Training performance or reduce muscle soreness in moderately trained males and females. *J Int Soc Sports Nutr* 2018;15(1):42. DOI: 10.1186/s12970-018-0245-8
15. Sprague M, Cooper S, Tocher DR, Betancor MB. Encapsulated fish oil products available in the UK meet regulatory guidelines with respect to EPA + DHA contents and oxidative status. *Eur J Lipid Sci Technol* 2018;120(10):1800105. DOI: 10.1002/ejlt.201800105
16. Albert BB, Derraik JGB, Cameron-Smith D, Hofman PL, Tumanov S, Villas-Boas SG, et al. Fish oil supplements in New Zealand are highly oxidised and do not meet label content of n-3 PUFA. *Sci Rep* 2015;5:7928. DOI: 10.1038/srep07928
17. Ambrosio G, Wirth D, Joseph JF, Mazzarino M, de la Torre X, Botrè F, et al. How reliable is dietary supplement labelling? -Experiences from the analysis of ecdysterone supplements. *J Pharm Biomed Anal* 2020;177:112877. DOI: 10.1016/j.jpba.2019.112877
18. Vinson JA, Chen X, Garver DD. Determination of Total Chlorogenic Acids in Commercial Green Coffee Extracts. *J Med Food* 2019;22(3):314-20. DOI: 10.1089/jmf.2018.0039
19. Yadav P, Sharma P, Arora R. Content Analysis of Commercially Available Probiotics. *Indian Pediatr* 2018;55(4):344-5.
20. Garrido BC, Souza GHMF, Lourenço DC, Fasciotti M. Proteomics in quality control: Whey protein-based supplements. *J Proteomics* 2016;147:48-55. DOI: 10.1016/j.jprot.2016.03.044
21. Schönfeldt HC, Hall N, Pretorius B. 12th IFDC 2017 Special Issue – High protein sports supplements: protein quality and label compliance. *J Food Compos Anal* 2019;83:103293. DOI: 10.1016/j.jfca.2019.103293
22. Gallardo EJ, Coggan AR. What Is in Your Beet Juice? Nitrate and Nitrite Content of Beet Juice Products Marketed to Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2019;29(4):345-9.
23. Inácio SG, De Oliveira GV, Alvares TS. Caffeine and creatine content of dietary supplements consumed by Brazilian soccer players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2016;26(4):323-9. DOI: 10.1123/ijnsnem.2015-0134
24. Desbrow B, Hall S, O'Connor H, Slater G, Barnes K, Grant G. Caffeine content of pre-workout supplements commonly used by Australian consumers. *Drug Testing and Analysis* 2019;11(3):523-9. DOI: 10.1002/dta.2501
25. Kohler M, Thomas A, Geyer H, Petrou M, Schänzer W, Thevis M. Confiscated black market products and nutritional supplements with non-approved ingredients analyzed in the Cologne Doping Control Laboratory 2009. *Drug Test Anal* 2010;2(11-12):533-7. DOI: 10.1002/dta.186
26. Jagim AR, Harty PS, Camic CL. Common Ingredient Profiles of Multi-Ingredient Pre-Workout Supplements. *Nutrients* 2019;11(2). DOI: 10.3390/nu11020254
27. Ventura Comes A, Sánchez-Oliver AJ, Martínez-Sanz JM, Domínguez R. Analysis of Nutritional Supplements Consumption by Squash Players. *Nutrients* 2018;10(10). DOI: 10.3390/nu10101341
28. Kamber M, Baume N, Saugy M, Rivier L. Nutritional supplements as a source for positive doping cases? *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2001;11(2):258-63. DOI: 10.1123/ijnsnem.11.2.258
29. Martello S, Felli M, Chiarotti M. Survey of nutritional supplements for selected illegal anabolic steroids and ephedrine using LC-MS/MS and GC-MS methods, respectively. *Food Addit Contam* 2007;24(3):258-65. DOI: 10.1080/02652030601013729
30. Watson P, Judkins C, Houghton E, Russell C, Maughan RJ. Urinary nandrolone metabolite detection after ingestion of a nandrolone precursor. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(4):766-72. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181818edaeb
31. Thevis M, Thomas A, Beuck S, Butch A, Dvorak J, Schänzer W. Does the analysis of the enantiomeric composition of clenbuterol in human urine enable the differentiation of illicit clenbuterol administration from food contamination in sports drug testing? *Rapid Commun Mass Spectrom* 2013;27(4):507-12. DOI: 10.1002/rcm.6485
32. Sprague M, Dick JR, Tocher DR. Impact of sustainable feeds on omega-3 long-chain fatty acid levels in farmed Atlantic salmon, 2006–2015. *Scientific Reports* 2016;6(1):21892. DOI: 10.1038/srep21892
33. Harty PS, Zabriskie HA, Erickson JL, Molling PE, Kersick CM, Jagim AR. Multi-ingredient pre-workout supplements, safety implications, and performance outcomes: a brief review. *J Int Soc Sports Nutr* 2018;15(41):1-28. DOI: 10.1186/s12970-018-0247-6
34. Martínez-Sanz JM, Sospedra I, Baladía E, Arranz L, Ortiz-Moncada R, Gil-Izquierdo A. Current Status of Legislation on Dietary Products for Sportspeople in a European Framework. *Nutrients* 2017;9(11). DOI: 10.3390/nu9111225
35. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med* 2018;52(7):439-55. DOI: 10.1136/bjsports-2018-099027
36. Baltazar-Martins G, Brito de Souza D, Aguilar-Navarro M, Muñoz-Guerra J, Plata MDM, Del Coso J. Prevalence and patterns of dietary supplement use in elite Spanish athletes. *J Int Soc Sports Nutr* 2019;16(1):30. DOI: 10.1186/s12970-019-0296-5
37. Molinero O, Marquez S. Use of nutritional supplements in sports: risks, knowledge, and behavioural-related factors. *Nutricion hospitalaria* 2009;24(2):128-34.
38. The Prohibited List [Internet]. World Anti-Doping Agency; 2013 [citado 29 de julio de 2020]. Disponible en: <https://www.wada-ama.org/en/what-we-do/the-prohibited-list>